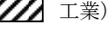


表 6.1.1 太子河流域の水需要:2003 実績と 2020 予測

地域	年度	水需要量( 都市  農業  工業)	水需要量(万m3)				
			都市	農業	工業	合計	
瀋陽市 蘇家屯区	2003		384	2,537	321	3,242	
	2020		2,903	2,102	410	5,414	
鞍山市	海城市	2003		3,965	15,303	2,085	21,353
		2020		6,178	15,120	2,702	24,001
	鞍山市区	2003		7,597	0	21,311	28,908
		2020		6,202	0	27,393	33,595
	千山区	2003		820	6,500	220	7,540
		2020		2,515	6,317	286	9,118
撫順市	撫順県	2003		50	150	15	215
		2020		83	158	20	260
	新賓県	2003		216	1,350	97	1,663
		2020		345	1,263	122	1,730
本溪市	本溪县	2003		822	1,246	1,516	3,584
		2020		1,191	1,141	2,008	4,341
	平山区	2003		436	485	8,706	9,627
		2020		2,131	717	11,348	14,197
	溪湖区	2003		153	1,247	2,620	4,020
		2020		1,594	1,642	3,423	6,658
	明山区	2003		4,565	790	4,528	9,883
		2020		1,953	1,041	5,968	8,962
	南芬区	2003		598	2,066	2,737	5,401
		2020		712	2,539	3,574	6,825
遼陽市	遼陽県	2003		3,730	22,825	1,180	27,735
		2020		2,436	19,690	1,578	23,705
	灯塔市	2003		2,887	25,714	1,740	30,341
		2020		2,363	22,512	2,327	27,202
	遼陽市区	2003		4,385	0	18,196	22,581
		2020		2,057	0	24,318	26,375
	宏偉区	2003		80	140	310	530
		2020		832	128	414	1,375
	弓長嶺区	2003		436	470	5,105	6,011
		2020		672	493	6,823	7,988
	太子河区	2003		320	3,130	2,049	5,499
		2020		686	2,938	2,739	6,363
全体	2003		31,444	83,953	72,736	188,133	
	2020		34,854	77,801	95,455	208,110	

注) 遼陽灌漑区および灯塔灌漑区における農業用水の合理化による余剰水を工業用水へ配分している。
 出典: JICA 調査団による推定。

6.1.3 水資源配分ルールの設定

水資源配分ルールの決定にあたっては以下の4項目を考慮した。

- (1) 需要予測に対する配分確保 : 地域経済および地域間の公平性の観点から、遼寧省小康社会建設構想などに基づいて実施した水需要予測に対する配分確保を目標とした。
- (2) 水不足時の配分削減 : 地域的・時期的な水不足では、人命・食糧と直結した都市・農業用水よりも工業用水が相対的な重要性が低いと見なして、配分を減じた。
- (3) 表流水の優先配分 : 遼寧省の地下水保護条例を考慮して、表流水を地下水よりも優先的に配分に用いた。
- (4) 余剰水の配分 : 水需要予測に応じた配分を行った後には、ダムに貯留された表流水もしくは地下水の未使用水資源が残る。本検討ではこの未利用水資源を「余剰水」と呼ぶことにする。

この余剰水の追加的な配分の可能性を検討した。この余剰水の配分と上記の需要予測に対する配分の合計が、太子河流域において各種の用水として配分・利用可能な水資源の最大量に相当することになる。

なお、流域の経済産出を増大させる観点から、余剰水は経済効果を生む農業用水と工業用水に配分することとした。配分する地域は次の手順で決定した。

- ① ある地域に対して、余剰水を配分した場合の経済効果を求めた。なお地域内の用途間の配分は、水需要予測の構成比に等しいものとした。
- ② すべての地域に対して、①と同様の検討を行い、最も経済効果が高い地域に配分した。
- ③ 水資源は地域的に偏在するため、なお余剰水が残る場合がある。この場合には、①②の手順を余剰水が配分できなくなるまで繰り返した。
- ④ 配分された余剰水は、地域内で水需要予測の構成比に応じて配分した。

6.1.4 水資源配分検討におけるシナリオ設定

2003年から2020年までの水需要に対する水資源配分を検討するため6シナリオを設定した。

- (1) 現状水供給維持
- (2) 水源環境保全1
- (3) 水源環境保全2
- (4) 用水転換
- (5) 運用改善
- (6) 統合

各シナリオの背景、目的、内容を表6.1.2に示した。

表 6.1.2 設定したシナリオ

名称	背景・目的・内容
(1)現状水供給維持	<p>【背景】太子河流域の水需要は2003年の1,881百万m^3から2020年には2,080百万m^3まで増加すると予測される。将来における水不足の発生が懸念される。</p> <p>【目的】2020年までの水需要予測に対する太子河流域の水資源（表流水と地下水）による配分確保を確認する。また余剰水を地域・用途への配分を想定した場合の配分可能量の把握を行う。</p> <p>【内容】2020年までの水需要予測に対する配分、余剰水の配分を検討した。</p>
(2)水源環境保全1	<p>【背景】遼寧省では、地表水の正常な流量の保持について検討されている。太子河に維持流量が導入された場合、表流水からの取水量は制約されることが予測される。</p> <p>【目的】Tennant法による維持流量が導入された場合を想定して、水資源配分への影響を予測する。</p> <p>【内容】2007年から基準点（本溪・遼陽・小林子・唐馬塞）における維持流量の導入を想定した。維持流量はTennant法の算定結果を用いた。</p>
(3)水源環境保全2	<p>【背景】遼陽市首山水源地の地下水漏斗現象は重大な問題であり、揚水量の削減が必要である。この遼陽市の地下水ブロックに対して揚水削減を導入した場合、当ブロックを地下水源とする地域に影響があると予測される。</p> <p>【目的】地下水の段階的削減が導入された場合を想定して、水資源配分への影響が発生する時期・規模を予測する。</p> <p>【内容】水源環境を表流水・地下水共に保護する観点から、上記の維持流量と地下水削減を、2007年より同時に導入したと想定した。2020年における揚水削減量を212百万m^3/年とする段階的な地下水削減計画を想定した。この削減量は持続可能な地下水利用に関する検討結果を用いた。</p>
(4)用水転換	<p>【背景】灯塔市・遼陽県などに存在する灌漑区における灌漑効率の改善を実現した場合、食糧生産を維持しながら農業用水削減が可能となり、他の用途への転換が可能となる。</p> <p>【目的】農業用水の合理化が実施された場合を想定して、水資源配分への効果を予測する。</p> <p>【内容】大型・中型・小型の各灌漑区が存在する7地域において、2007年以降より農業用水合理化事業が実施されると想定した。</p>
(5)運用改善	<p>【背景】既設ダムの貯水池運用の見直しにより、新規開発水量の確保が可能である。</p> <p>【目的】稜窩ダム操作分析を踏まえた非灌漑期放流量上限の引上げを想定して、水資源配分への効果を予測する。</p> <p>【内容】稜窩ダムの非灌漑期における一定放流量は約3.0m^3/s（788万m^3/月）である。これに4.5m^3/s（1,182万m^3/月）追加して放流する。開始時期は2007年とした。</p>
(6)統合	<p>【背景】水源環境保全2シナリオの検討では、地下水ブロック2から取水する地域における工業用水不足の発生が確認された。水不足に対する用水転換・運用改善シナリオで想定した対策を実施することにより、水不足の緩和が期待できる。</p> <p>【目的】水源環境保全2シナリオで発生した工業用水不足に対する、用水転換・運用改善対策による改善効果を確認する。</p> <p>【内容】水源環境保全2・用水転換・運用改善シナリオでの設定を組合せた。</p>

出典：JICA 調査団

6.1.5 水資源配分の策定方法

(1) 太子河流域の水資源利用モデル化

太子河流域における水資源の空間・時間・機能な分布特性を踏まえた分析を行うために、表流水および地下水をそれぞれネットワーク・モデル化した。ネットワーク上の点に地域配分単位による取水および排水（排水は表流水のみ）を設定して、河川の月平均流量、年間の地下水開発可能量、2003年時点の用途別の水源利用を考慮し、水源からの取水の可否、下流への影響を評価するモデルとした。モデルの概略を表流水(図 6.1.2)および地下水(図 6.1.3)に示した。

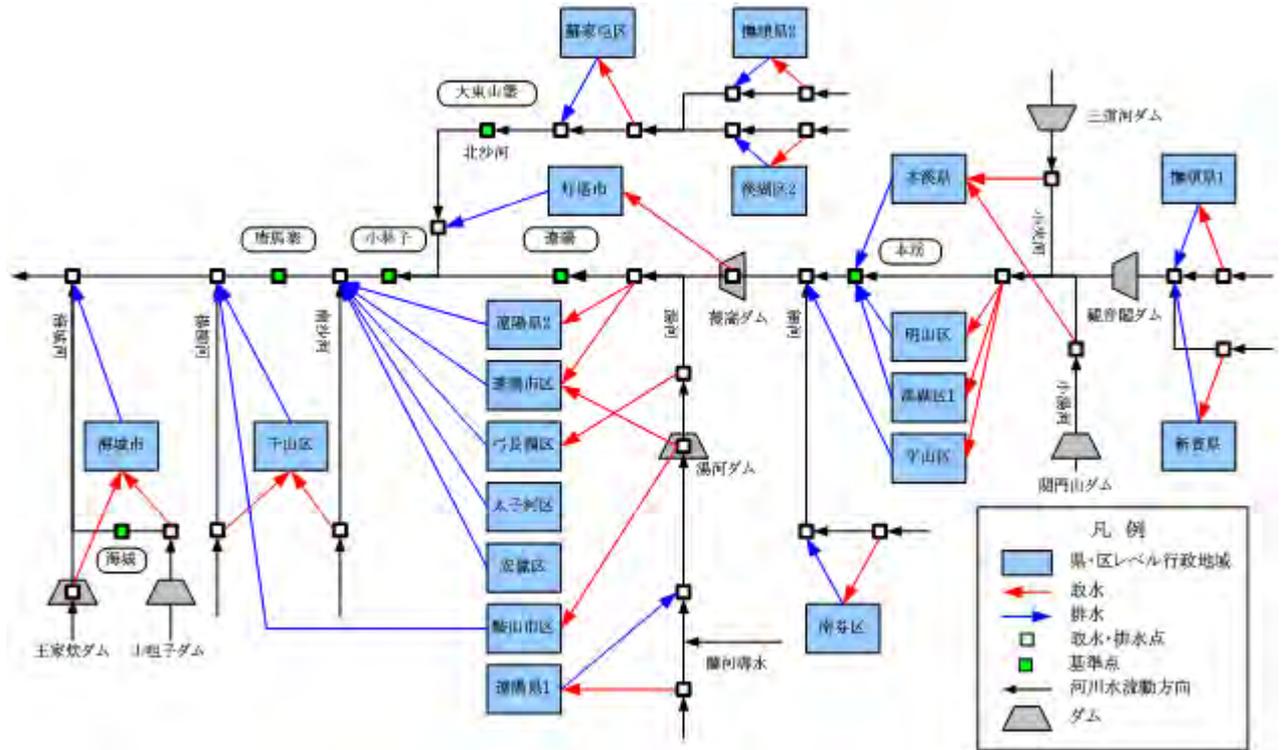
流量は20ヵ年第一位渇水年に相当する1985年の水収支解析結果を用いた。渇水年の流量を用いた検討により、水資源総量は減少するが、配分の予測値は過剰なものとならないことが期待できる。すなわち利水上安全側の配分量を評価することができる。

(2) 線形計画法の適用

太子河流域の水資源配分問題は、流域各地域・用途の必要な水需要（予測需要）を満たしつつ、流域全体の経済産出を最大にする配分を探索する問題である。これは流域各地域の水需要充足という制約条件の下で、流域経済効果合計を最大・最適化する数学的問題と見なすことができる。

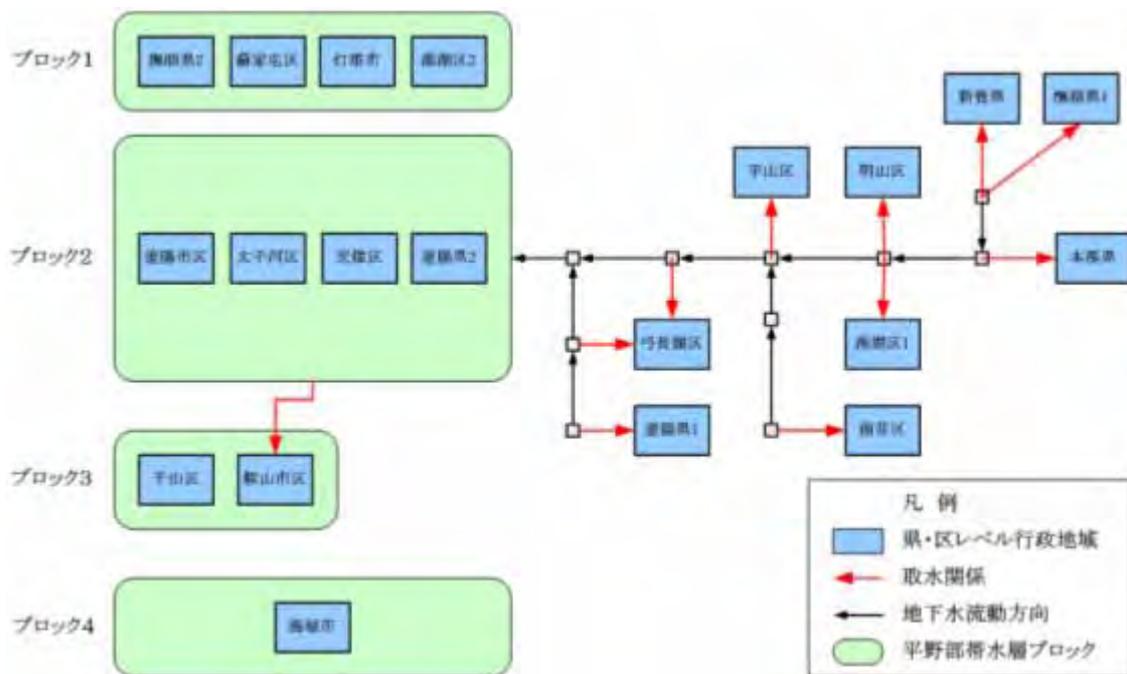
このような問題に対する有効な手法として、線形計画法(Linear Programming)が知られている。本検討ではこの線形計画法を用いて最適配分の検討を行った。

今回、検討を進める水資源配分問題のように、限られた資源を複数の関係者の中の合意を形成して、配分する方法を扱う手法としてゲーム理論と呼ばれる手法がある。これは複数の関係者が全く対等の権利を持ち、自らの利益にのみ興味を持ち、他者の不利益には関心がなく、全体を最適化する視点は持たないようなケースを想定している。太子河流域の水資源配分は水利庁が一元的に管理する体制をとっており、かつ水資源配分の結果には流域全体の経済効果を最適化する視点が不可欠である。従ってゲーム理論が想定するような状況とは異なるものと判断して、本手法は採用しなかった。



出典:JICA調査団

図 6.1.2 太子河流域の表流水利用モデル



出典:JICA調査団

図 6.1.3 太子河流域の地下水利用モデル

(3) 線形計画法の定式化

水資源利用モデルに地域・用途ごとの需要予測を与え、それぞれの水需要に対して、表流水と地下水からの取水比率を調整することにより、実行可能かつ経済効果が最も高い配分を求めた。具体的には水資源配分の経済効果合計の最大値を探索する線形計画問題として定式化して、その解として水資源配分量を求めた。基本的な数式を以下に示した。

$$\text{Max} \left[\sum_i \sum_j \sum_k \{Ce(i, j) \times (Ws(i, j, k) + Wg(i, j, k))\} \right] \quad (\text{式 6.1.1})$$

ここで、 i : 地域配分単位、
 j : 用途、
 k : 時期 (月)、
 Ce : 配分された水の経済効果原単位(万元/万 m^3)、
 Ws : 表流水の配分量(万 m^3 /月)、
 Wg : 地下水の配分量(万 m^3 /月)

(式 6.1.1)式の意味は次のとおりである。

- ① 各地域・用途に月ごとに、配分された地表水及び地下水の合計を求める。
- ② その合計に経済効果原単位を乗じることにより、地域・用途ごとの経済効果を求める。
- ③ 地域・用途の経済効果を全地域・全用途について合計して、流域全体の経済効果を求める。
- ④ 流域全体の経済効果を最大・最適化するような配分を探索して求める。

なお、制約条件は次のとおりである。

$$(1) \text{ 配分量} \geq \text{需要量条件} : Ws(i, j, k) + Wg(i, j, k) \geq Dw(i, j, k) \quad (\text{式 6.1.2})$$

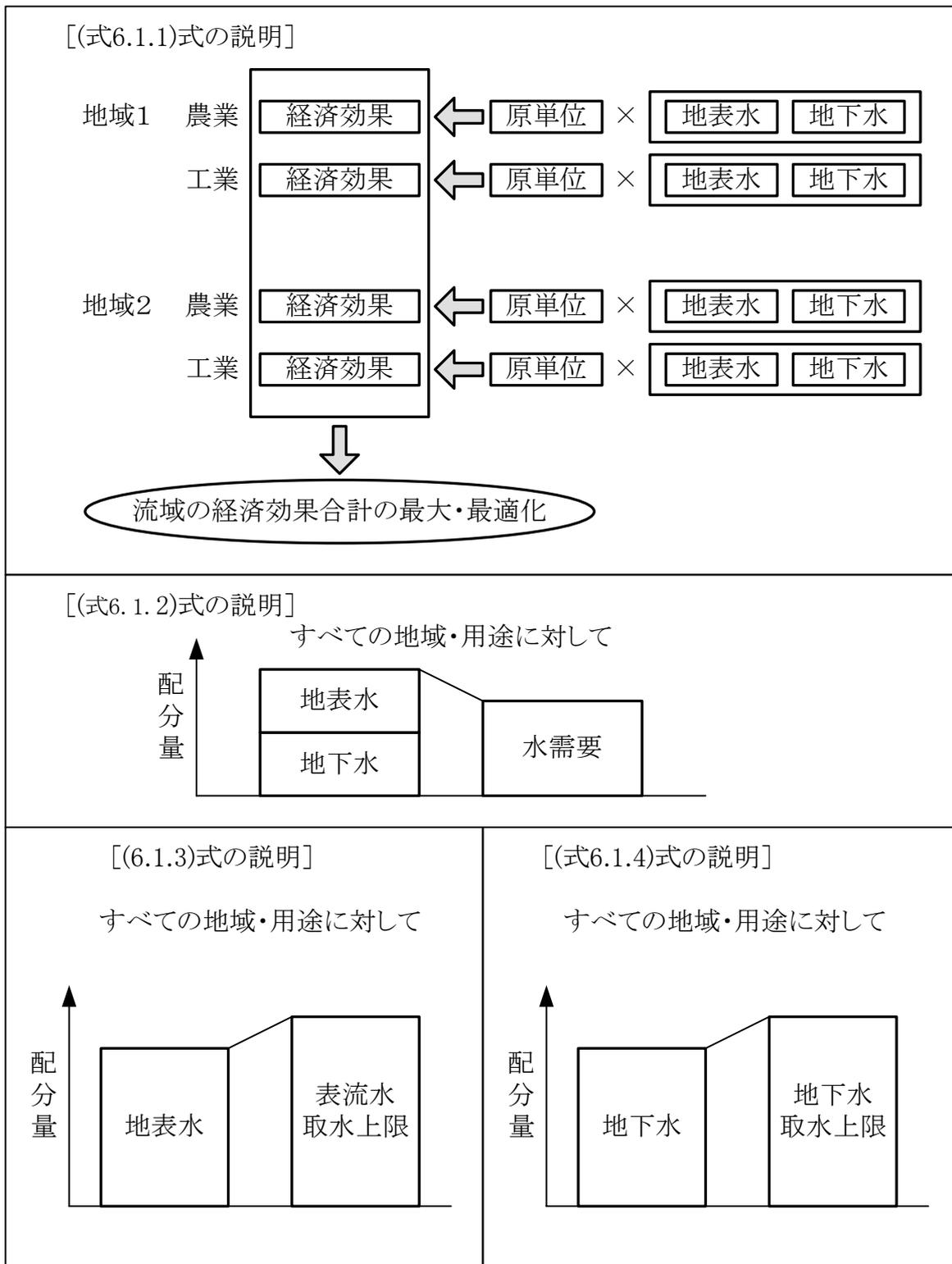
$$(2) \text{ 表流水の取水上限} : 0 < Ws(i, j, k) \leq ULs(Ws) \quad (\text{式 6.1.3})$$

$$(3) \text{ 地下水の取水上限} : 0 < Wg(i, j, k) \leq ULg(Wg) \quad (\text{式 6.1.4})$$

ここで、 Dw : 水需要、
 ULs : 表流水モデルにより決まる取水上限量、
 ULg : 地下水モデルにより決まる取水上限量

式 6.1.2 は、ある特定の地域・用途・時期における地表水と地下水の配分合計が需要量を満たすことを意味する。式 6.1.3 は、表流水からの配分量は、表流水モデルにより決まる取水上限量を超えないことを意味する。ある地域における取水可能量は、その時期の上流からの流出量と、上流地域における取・排水、および下流の取水量確保の必要性により決まる。本式は表流水モデルの計算により得られる、これらの条件を満たす上限量を超えてはいけないことを意味する。

式 6.1.4 は、地下水ブロックからの配分量は、地下水モデルにより決まる取水上限量を超えないことを意味する。ある地域における年間取水可能量は、上流・下流の地域における年間取水量との合計が、地下水ブロックの利用可能量上限を超えないことが必要である。本式は地下水モデルの計算により得られる、このような条件を満たす上限量を超えてはいけないことを意味する。(図 6.1.4)



6.1.6 各シナリオに基づく水資源配分

(1) 現状水供給維持シナリオ

【背景】 太子河流域の水需要は2003年の1,881百万 m^3 から2020年には2,080百万 m^3 まで増加すると予測される。将来における水不足の発生が懸念される。

【目的】 2020年までの水需要予測に対する太子河流域の水資源（表流水と地下水）による配分確保を確認する。また余剰水を地域・用途への配分を想定した場合の配分可能量の把握を行う。

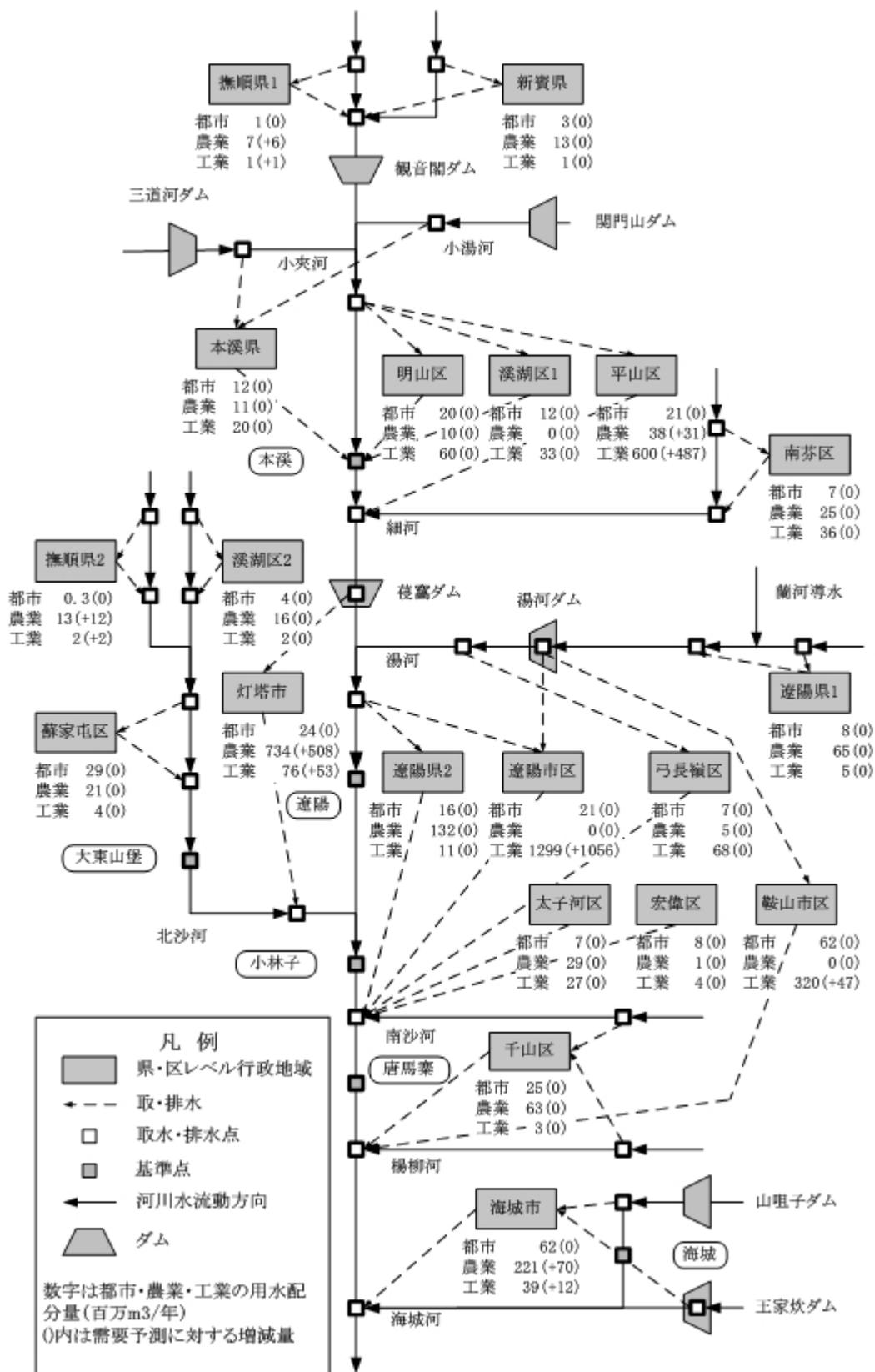
【内容】 2020年までの水需要予測に対する配分、余剰水の配分を検討した。

配分計算の結果、すべての地域において2020年まで、需要予測以上の水資源が配分され、水不足は生じない。余剰水は20地域のうち8地域（海城市・鞍山市区・撫順県1・撫順県2・平山区・南芬区・灯塔市・遼陽市区）に配分された。余剰水の配分は地域の経済性を指標としており、余剰水の有無はこれらの地域の水消費による経済効率の高さを反映する。また、農業用水の配分量は経年的に徐々に低下する傾向を示す。これは灌漑区率の自然改善により、地域の水需要に占める農業用水需要の比率が低下することに対応する。

配分結果のから以下の点が理解できる。

- ・ すべての地域において2020年まで、需要予測以上の水資源が配分され、水不足は生じない。
- ・ 余剰水は20地域のうち8地域（海城市・鞍山市区・撫順県1・撫順県2・平山区・南芬区・灯塔市・遼陽市区）に配分された。
- ・ 太子川からの表流水取水を想定した遼陽市区・平山区は余剰水の配分量が極めて大きい。表流水の活用を図ることにより、より大きな経済効果が得ることができる。
- ・ 鞍山市区は余剰水配分量が相対的に小さい。地下水に依存した水源構成での水供給の限界を示している。

2020年における水資源（表流水）の地域配分を図6.1.5に示した。ここで表中の数値は、セクター別用水配分量（単位：百万 m^3 /年）である。各数字の右側に記したカッコつきの数値は、需要予測の値からの増減を示す。一例として、海城市における農業用水に着目すると、2020年の農業用水需要予測が151百万 m^3 /年であるのに対して、水資源配分量は221百万 m^3 /年であり、需要予測からの増減が $221-151=+70$ 百万 m^3 /年であることを意味する。



出典:JICA調査団

図 6.1.5 2020 年における水資源配分(現状水供給維持シナリオ)

(2) 水源環境保全 1 シナリオ

【背景】 遼寧省では、地表水の正常な流量の保持について検討されている。太子河に維持流量が導入された場合、表流水からの取水量は制約されることが予測される。

【目的】 Tennant 法による維持流量が導入された場合を想定して、水資源配分への影響を予測する。

【内容】 2007 年から基準点（本溪・遼陽・小林子・唐馬塞）における維持流量の導入を想定した。維持流量は Tennant 法の算定結果を用いた。

2007 年から基準点における維持流量の導入を想定した。維持流量は Tennant 法の算定結果を用いた。維持流量の基準点・流量を表 6.1.3 に示した。

表 6.1.3 維持流量の設定条件

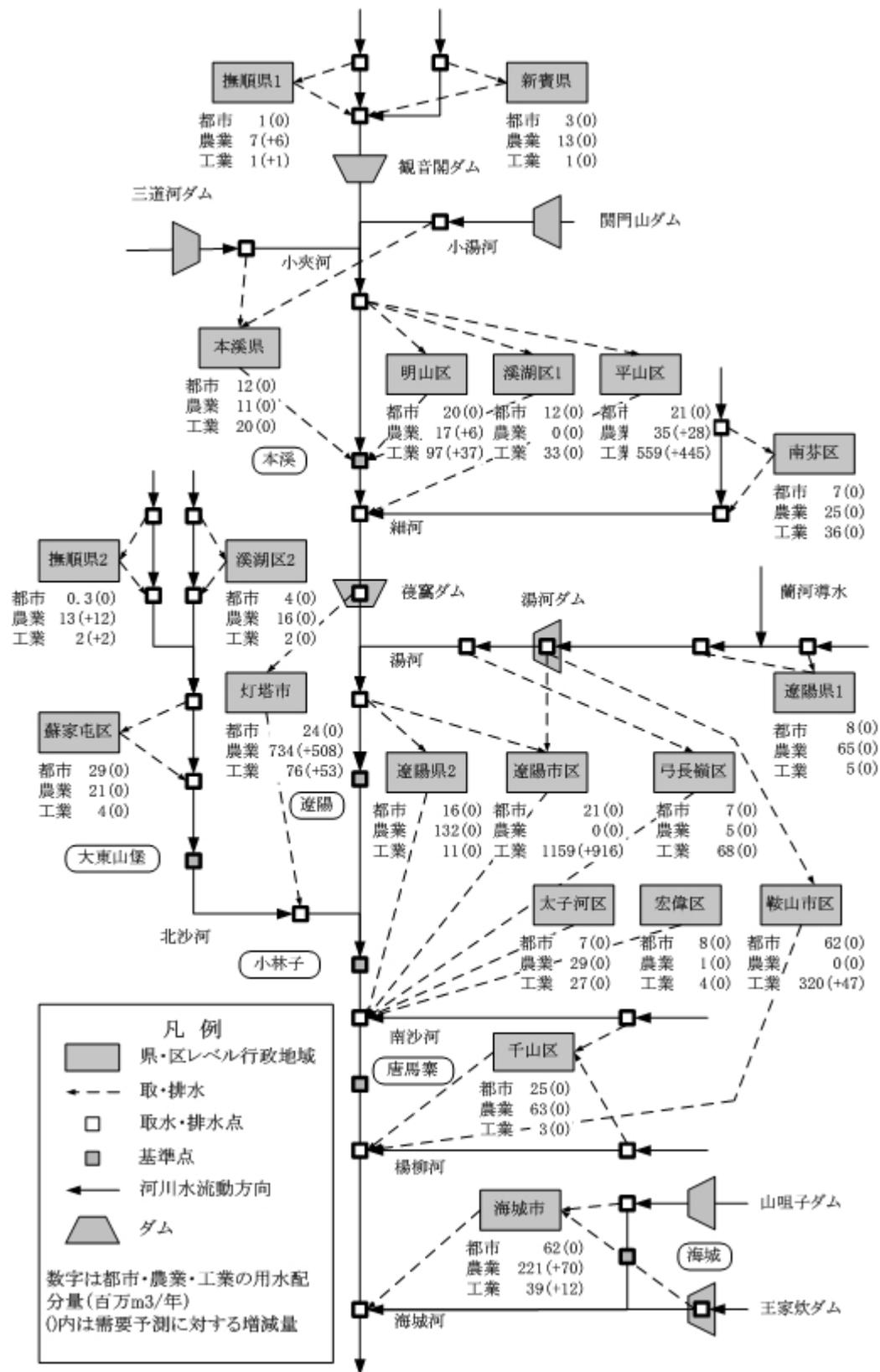
基準点	維持流量	
本溪	4.00 m ³ /s	(1,051 万 m ³ /月)
遼陽	5.33 m ³ /s	(1,400 万 m ³ /月)
小林子	6.54 m ³ /s	(1,719 万 m ³ /月)
唐馬塞	7.63 m ³ /s	(2,005 万 m ³ /月)

一例として、遼陽市区を見ると、遼陽市区の水利用は都市用水と工業用水である。2007 年の維持流量導入と共に、余剰水が維持流量として確保されるため、余剰水の配分量は 1,165 万 m³/月 (4.4m³/s)減少する。なお、水需要に対応した配分量約 2,000 万 m³/月は維持流量の導入に関わらず確保され影響はない。

配分結果の要点は次のとおりである。

- ・ 2020 年までの需要予測に対して、各用途の水資源配分には不足は生じない。
- ・ 本溪・遼陽基準点の上流で取排水を行う地域が影響を受ける。ただしその影響は余剰水の減少にとどまる。具体的には、本溪基準点上流の平山区で 50 百万 m³/年 (1.6m³/s)、遼陽基準点上流の遼陽市区で 140 百万 m³/年 (4.4 m³/s) の減少である。

2020 年における水資源の地域配分を図 6.1.6 に示した。



出典:JICA調査団

図 6.1.6 2020 年における水資源配分(水源環境保全1シナリオ)

(3) 水源環境保全 2 シナリオ

- 【背景】 遼陽市首山水源地の地下水漏斗現象は重大な問題であり、揚水量の削減が必要である。この遼陽市の地下水ブロックに対して揚水削減を導入した場合、当ブロックを地下水源とする地域に影響があると予測される。
- 【目的】 地下水の段階的削減が導入された場合を想定して、水資源配分への影響が発生する時期・規模を予測する。
- 【内容】 水源環境を表流水・地下水共に保護する観点から、上記の維持流量と地下水削減を、2007年より同時に導入したと想定した。2020年における揚水削減量を212百万 m^3 /年とする段階的な地下水削減計画を想定した。この削減量は持続可能な地下水利用に関する検討結果を用いた。

遼陽市の首山水源地では、持続可能な地下水利用のためには揚水削減の導入が必要である。シナリオ(2)の維持流量導入と共に、2007年より開始し、2020年における揚水削減量を212百万 m^3 /年とする段階的な地下水削減計画を想定した。段階的な削減量を図6.1.7に示した。

一例として、鞍山市区の水資源配分量の推移を見ると、2007年の地下水削減開始と共に、シナリオ(1)よりも水資源配分量（余剰水を含めた配分）は減少する。ただし2011年までは、余剰水は減少するが、需要に対する配分は確保する。2011年から2014年までは水需要に応じた配分を確保する。この期間中も地下水の段階的削減は進められているが、経済性が低い他地域（太子河区・遼陽県2・宏偉区）の工業用水への配分を削減して、鞍山市区の工業用水を確保する。2015年以降は地下水揚水削減に対応するため、鞍山市区の工業用水そのものの削減が必要となる。2020年の鞍山市区の工業用水不足量は年間90百万 m^3 に達する。配分結果の要点は次のとおりである。

- 地下水揚水削減による影響は、対象となる地下水ブロックから取水する全市区で生じる。鞍山市区では削減開始と共に余剰水が減少する。2013年以降に工業用水の配分が不足する。2020年の不足量は約9千万 m^3 /年（2.9 m^3 /s相当）に達する。周辺地域を含めた工業用水の配分不足は2020年には合計146百万 m^3 に達する。
- 地下水揚水削減に対応して水資源配分総量は減少する。現状水供給維持シナリオの配分量との差は約370百万 m^3 /年であり、維持流量設定による減少分160百万 m^3 /年と地下水削減量210百万 m^3 /年の和に一致する。

2020年における水資源の地域配分を図6.1.8に示した。

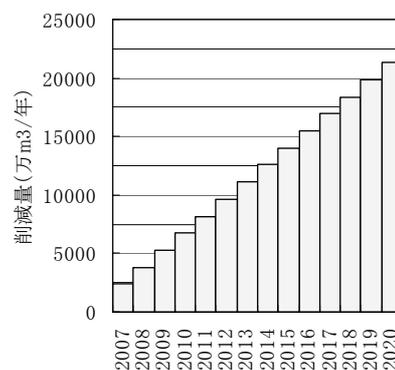
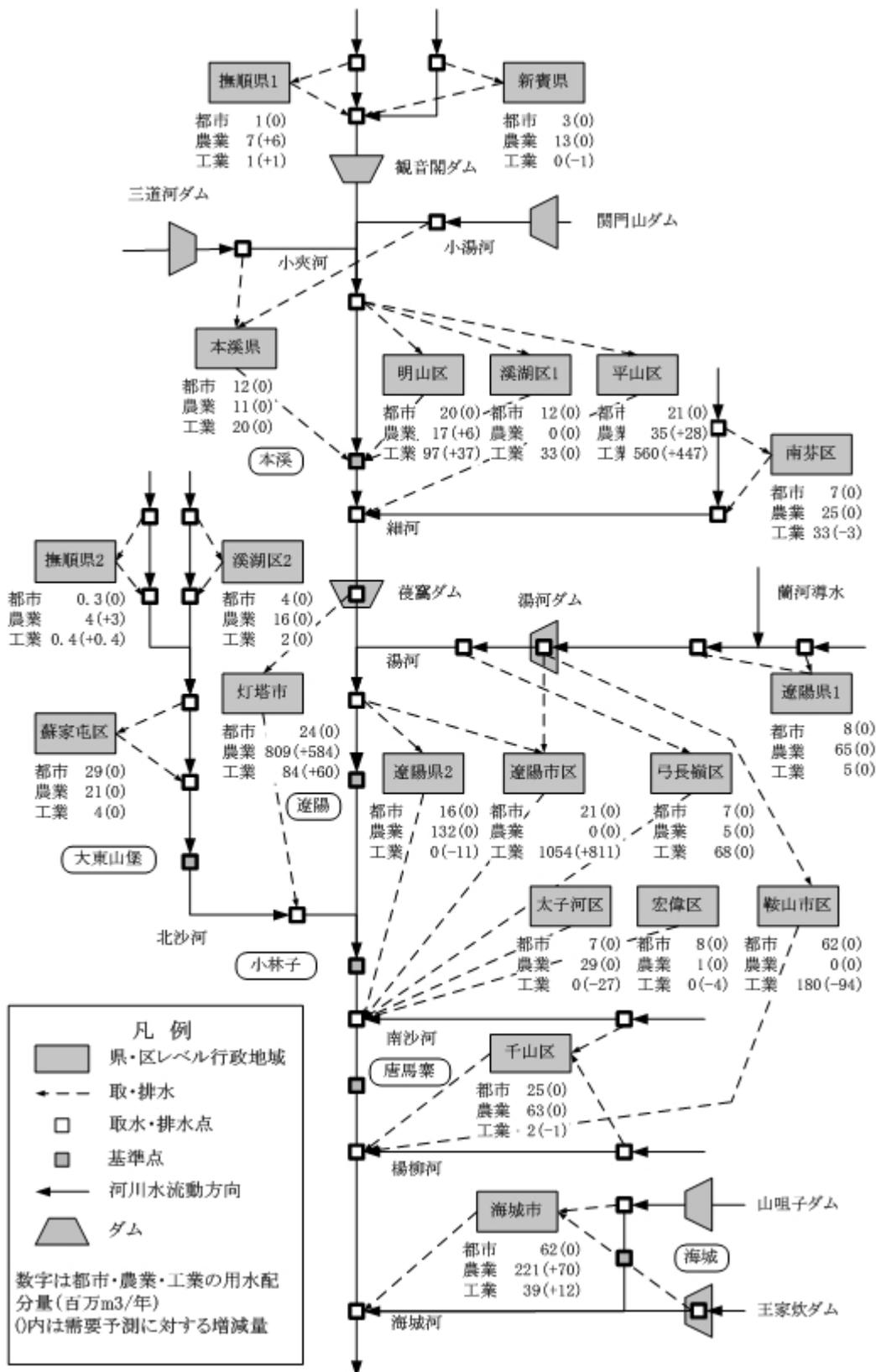


図 6.1.7 地下水削減量



出典:JICA調査団

図 6.1.8 2020 年における水資源配分(水源環境保全 2 シナリオ)

(4) 用水転換シナリオ

【背景】	灯塔市・遼陽県などに存在する灌漑区における灌漑効率の改善を実現した場合、食糧生産を維持しながらの農業用水削減が可能となり他用途への転換が可能となる。
【目的】	農業用水の合理化が実施された場合を想定して、水資源配分への効果を予測する。
【内容】	大型・中型・小型の各灌漑区が存在する7地域において、2007年以降より農業用水合理化事業が実施されると想定した。

対象となる灌漑区の種類と灌漑効率の変化を表 6.1.4 に、対象地域および想定した農業用水削減効果を表 6.1.5 に示した。

表 6.1.4 事業前後の灌漑効率

規模	灌漑効率(%)	
	合理化事業前	合理化事業後
大型	32	80
中型	42	86
小型	75	95

表 6.1.5 合理化事業による農業用水削減想定効果

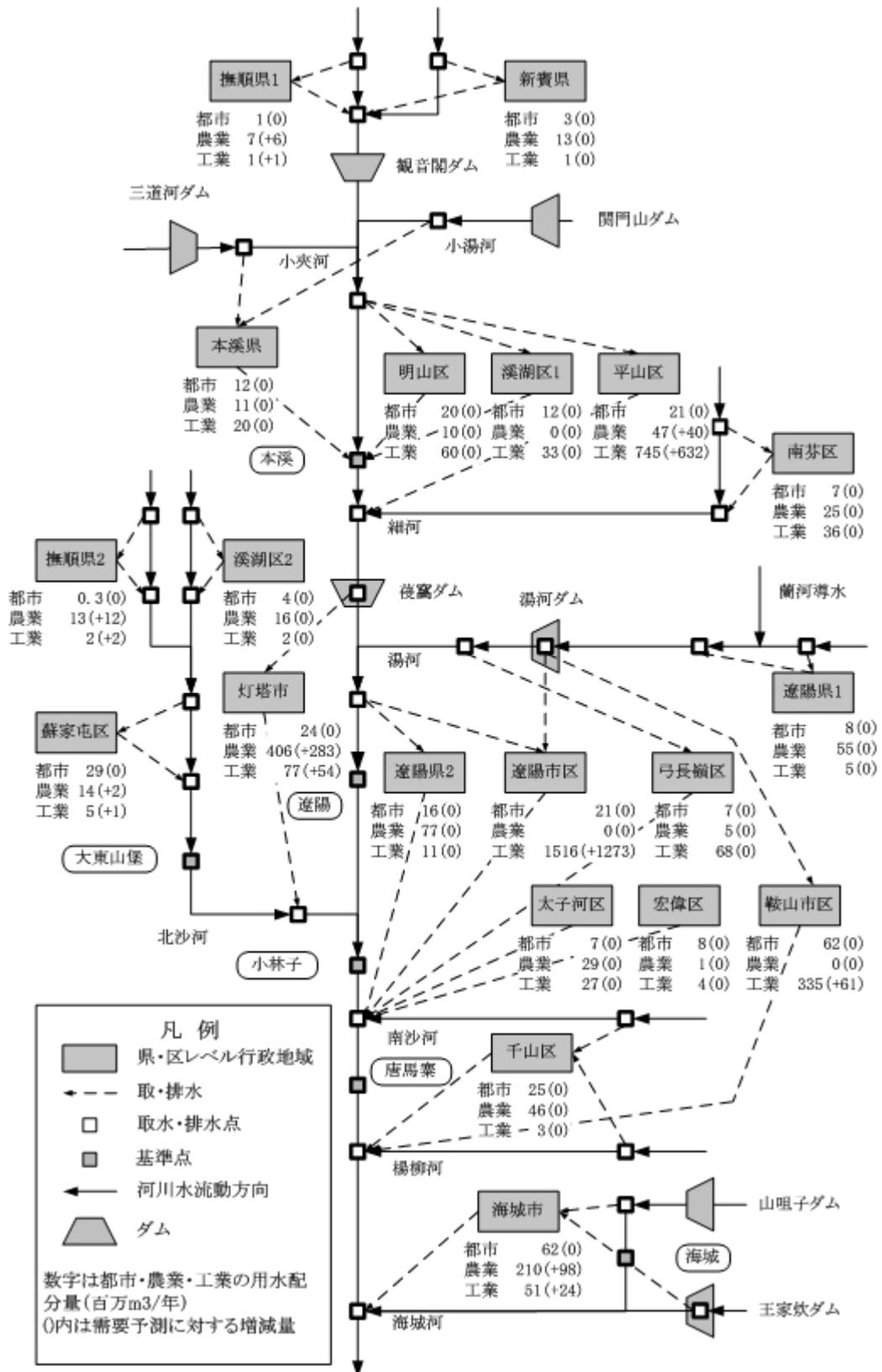
規模	地区	灌漑水量(万トン/年)		削減量 (万トン/年)
		合理化事業前	合理化事業後	
大型	灯塔市	18,523	8,277	-10,246
中型	蘇家屯区	2,010	1,042	-968
	海城市	8,613	4,463	-4,149
	千山区	3,772	1,955	-1,817
	遼陽県2	12,261	6,354	-5,907
小型	遼陽県1	6,040	5,193	-847
	本溪县	993	854	-139
合計		52,212	28,138	-24,074

2007年から灯塔市、2010年から他の地区における事業が開始され、毎年一定の割合で灌漑効率が改善され、2020年に表 6.1.4 に示した水準に達するとした。

配分結果の要点は次のとおりである。

- ・ 合理化事業の進捗と共に海城市・遼陽市区・平山区の余剰水量が増加する。2020年には遼陽市区では約 200 百万 m³/年、平山区では 150 百万 m³/年増加する。転用効果を示す。
- ・ 鞍山市区に対する余剰水の配分増加はほとんどない。現状の鞍山市の水資源構成では合理化事業による余剰水の転用を受け入れることが難しい。
- ・ 水資源配分総量は現状水供給維持シナリオとほぼ等しい。

2020年における水資源の地域配分を図 6.1.9 に示した。



出典:JICA調査団

図 6.1.9 2020 年における水資源配分(用水転換シナリオ)

(5) 運用改善シナリオ

- 【背景】 既設ダム貯水池運用の見直しにより、新規開発水量の確保が可能である。
- 【目的】 稜窩ダム操作分析を踏まえた非灌漑期放流量上限の引上げを想定して、水資源配分への効果を予測する。
- 【内容】 稜窩ダムの非灌漑期における一定放流量は約 $3.0\text{m}^3/\text{s}$ (788 万 $\text{m}^3/\text{月}$) である。これに $4.5\text{m}^3/\text{s}$ (1,182 万 $\text{m}^3/\text{月}$) まで追加して放流可能とした。開始時期は 2007 年とした。

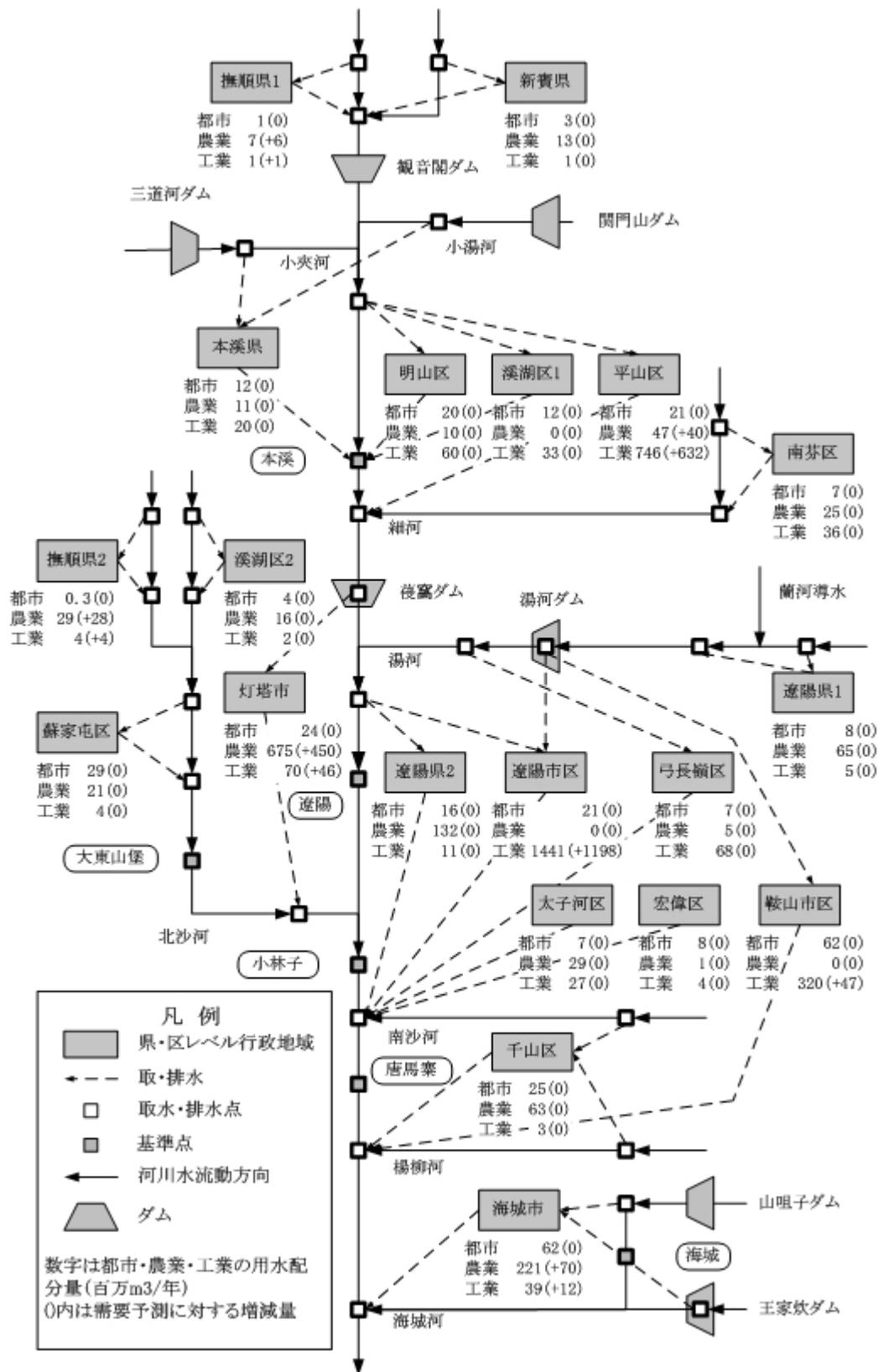
太子河流域の利水上重要な位置を占める稜窩ダムをとりあげ、ダムからの非灌漑期の放流量上限を引き上げた場合を想定した。稜窩ダムの非灌漑期における一定放流量は約 $3.0\text{m}^3/\text{s}$ (788 万 $\text{m}^3/\text{月}$) である。これに $4.5\text{m}^3/\text{s}$ (1,182 万 $\text{m}^3/\text{月}$) まで追加して放流可能とした。開始時期は 2007 年とした。

遼陽市区を一例にとると、運用改善の開始と共に、余剰水の配分量が追加放流量の 1,182 万 $\text{m}^3/\text{月}$ 分だけ増加する。ダムの貯水量には余裕があり、積極的な放流による効果が期待できることを示している。

配分結果の要点は次のとおりである。

運用改善対策の実施と共に遼陽市区・平山区の余剰水量が増加する。増加量は遼陽市区 140 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ 、平山区 240 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ である。水資源配分総量は現状水供給維持シナリオと比べて 240 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ 増加する。ダム運用改善による効果が大きいことを意味する。なお平山区は稜窩ダム上流にあり、ダム操作の影響は受けないが、上流の観音閣ダムからの供水方法が最適化されたと解釈できる。

2020 年における水資源の地域配分を図 6.1.10 に示した。



出典:JICA調査団

図 6.1.10 2020 年における水資源配分(運用改善シナリオ)

(6) 統合シナリオ

- 【背景】** 水源環境保全 2 シナリオの検討では、地下水ブロック 2 から取水する地域における工業用水不足の発生が確認された。水不足に対する用水転換・運用改善シナリオで想定した対策を実施することにより、水不足の緩和が期待できる。
- 【目的】** 水源環境保全 2 シナリオで発生した工業用水不足に対する、用水転換・運用改善対策による改善効果を確認する。
- 【内容】** 水源環境保全 2・用水転換・運用改善シナリオでの設定を組合せた。

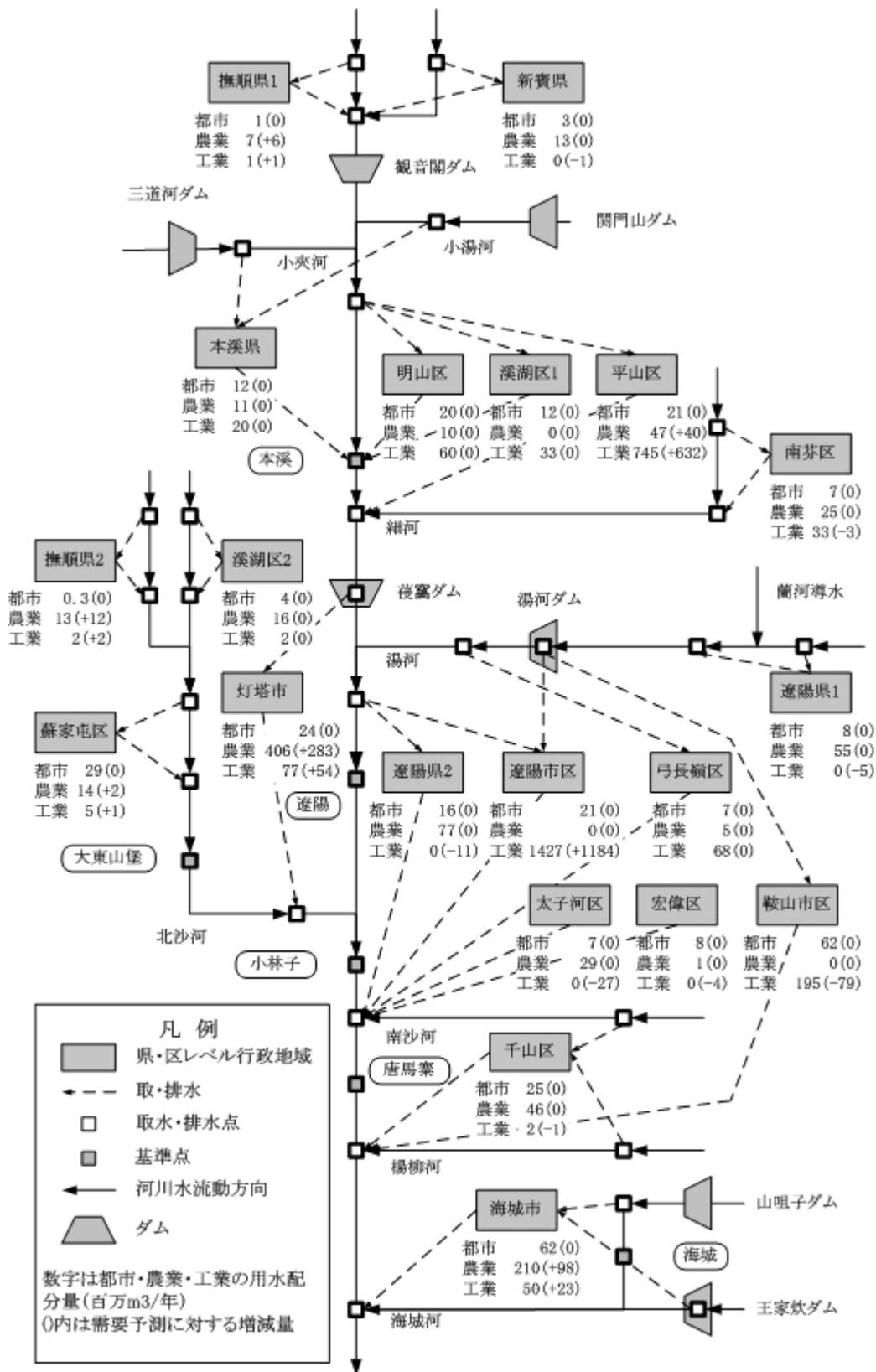
水不足発生時の用水転換・運用改善の効果を把握するために、維持流量・地下水揚水削減・用水転換・運用改善の全てのオプションを同時に導入した場合を想定した。用水転換・運用改善オプションの追加により、鞍山市区で 15 百万 m³/年の改善は見られるが、工業用水不足地域に対する緩和効果は極めて限定的である。2つのシナリオでの工業用水不足の状況を 2020 年時点で対比して、表 6.1.6 に示した。

表 6.1.6 2つのシナリオにおける工業用水不足発生状況の対比

地域	単位：万 m ³ /年		
	水源環境保全 2(A)	統合(B)	(B)-(A)
鞍山市区	9,371	7,899	-1,471
千山区	94	94	0
新賓満族自治県	122	122	0
南芬区	281	281	0
遼陽県 1	521	521	0
遼陽県 2	1,057	1,057	0
宏偉区	414	414	0
太子河区	2,739	2,739	0
合計	14,599	13,128	-1,471

他の地域の配分結果を見ると、海城市・平山区・遼陽市区などでは余剰水が増加している。工業用水不足の緩和には、表流水の利用を図る必要がある。

2020 年における水資源の地域配分を図 6.1.11 に示した。



出典: JICA調査団

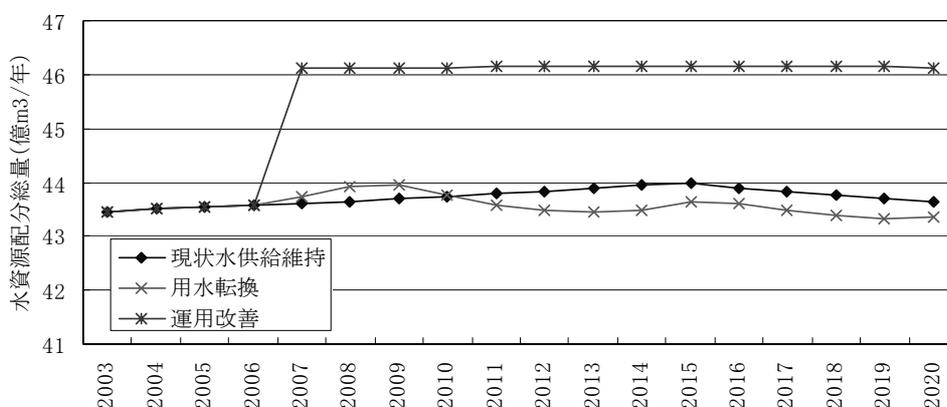
図 6.1.11 2020 年における水資源配分 (統合シナリオ)

6.1.7 各シナリオによる水資源配分結果の対比

(1) 水資源配分総量

各地域・用途に対して配分された水資源の総合計を水資源配分総量と呼ぶことにする。この総量は太子河流域で実際に配分される水資源の総量である。

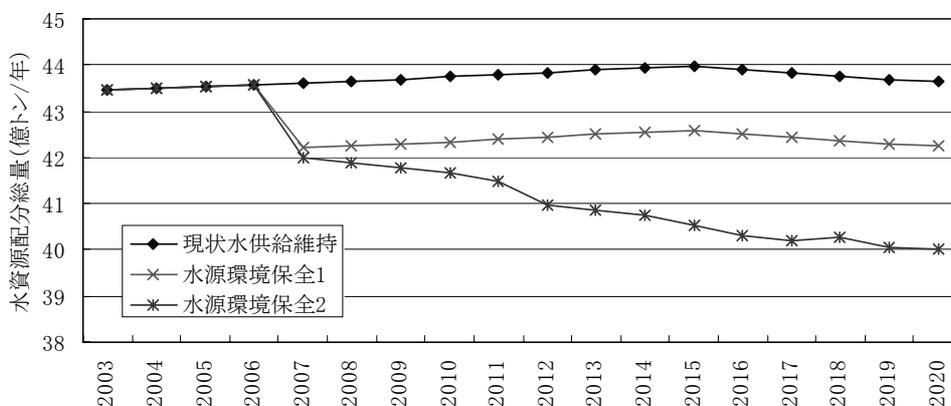
用水転換・運用改善・現状水供給維持の各シナリオの水資源配分総量を比較すると、総量の増大効果は運用改善シナリオが年間約 2 億 m³ 程度高い。ダム水利操作を入念に検討・設定することにより、より多くの対象への水供給が可能である。用水転換シナリオによる水資源配分総量は、現状水供給維持シナリオと同程度である。ダム操作の改善が重要であることを示唆する。3シナリオの対比を図 6.1.12 に示した。



出典:JICA調査団

図 6.1.12 用水転換・運用改善・現状水供給維持シナリオの水資源配分総量

水源環境保全 1 (維持流量設定)・水源環境保全 2 (維持流量設定および地下水揚水削減)・現状水供給維持の各シナリオの水資源配分総量を比較すると、水源環境保全 2 での配分総量の減少が著しい。地下水に依存しない水源の確保が重要である。3シナリオの対比を図 6.1.13 に示した。



出典:JICA調査団

図 6.1.13 水源環境保全 1・水源環境保全 2・現状水供給維持シナリオの水資源配分総量

(2) 水資源配分による経済効果

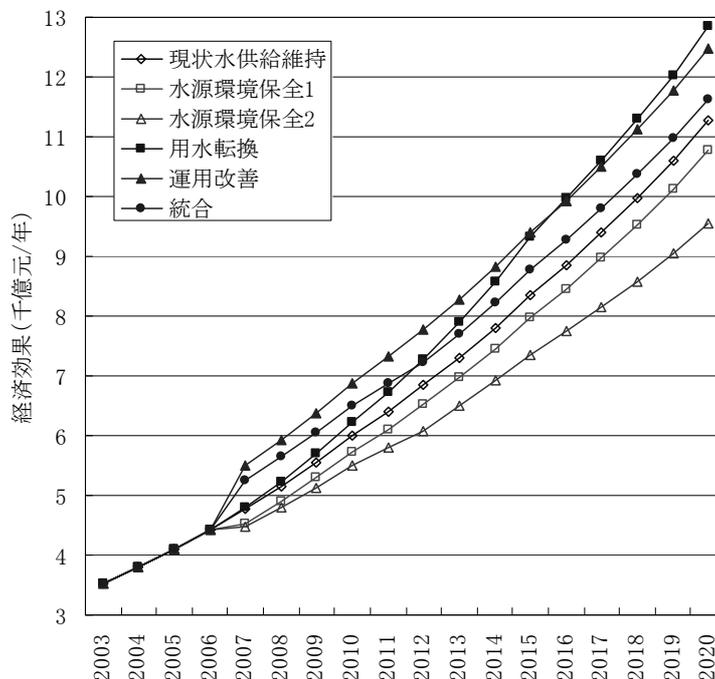
水資源配分の経済効果は、配分された余剰水を含む水資源量に、各用途の水量あたりの経済効果原単位を乗じることにより求めた。2020年における経済効果を表 6.1.7 に示した。

表 6.1.7 水資源配分による経済効果(2020年)

番号	シナリオ	経済効果(億元/年)	平均伸び率(2003-2020)
(1)	用水転換	12,840	7.91%
(2)	運用改善	12,469	7.72%
(3)	統合	11,632	7.28%
(4)	現状水供給維持	11,275	7.09%
(5)	水源環境保全1	10,780	6.80%
(6)	水源環境保全2	9,547	6.04%

用水転換シナリオは運用改善シナリオと比べて、水資源配分総量の点では下回るが経済効果は上回る。水の利用効率の点で優れることを示す。

いずれのシナリオでも経済成長率は6%以上を確保する。遼寧省発展計画委員会が策定した「遼寧省小康社会建設構想」では2020年までのGDP伸び率を7.5%と想定している。この点を考慮すると、①用水転換、②運用改善の両シナリオは建設構想の目標を達成する有力な水資源配分政策である。また③統合は水源環境保護に配慮しつつ、GDP成長目標に近づくための政策オプションであると評価できる。各シナリオの経済効果の推移を図 6.1.14 に示した。



出典: JICA調査団

図 6.1.14 各シナリオの水資源配分による経済効果

6.1.8 結論

(1) 水資源配分検討

太子河流域の水需要は、工業地域を中心として、2003年実績の18.8億 m^3 (2003)から2020年には20.8億 m^3 (2020)まで増加するものと予測されている。需要増加の中心は、地域的には鞍山・遼陽・本溪市の行政中心地域かつ主要工業地域であり、これらの地域への水供給の確保が、将来の流域全体の水需給バランス、ひいては地域経済発展の鍵である。

太子河流域の表流水と地下水の水資源利用モデルを構築して、将来の地域需要予測に対して、表流水と地下水による水資源配分を行った。その結果、現状の水供給体制が維持されると仮定した場合（現状水供給維持シナリオ）、2020年までの需要を満たす水資源配分が可能である。

近年、遼寧省では生態環境保護の観点から、生態環境用水の導入を進めている。また、遼陽市首山水源地では地下水漏斗現象を解消するため、地下水涵養を目的とした地下水揚水削減の必要性が指摘されている。このような生態・地下水環境への配慮の立場から、維持流量・地下水揚水削減のオプションを追加設定して水資源配分を検討した。その結果、維持流量単独の追加設定（水源環境保全シナリオ1）は余剰水の減少効果をもたらすが、需要予測への配分を困難にする影響はない。一方、維持流量および地下水揚水削減の追加設定（水源環境保全シナリオ2）は鞍山市区を中心とする地下水への依存度が高い地域において、相当量の工業用水不足をもたらす可能性があることが示された。

灌漑用水の合理化に基づく用水転換、およびダム運用改善は、水需要増加に対応するための有力なオプションである。現状水供給が維持されるシナリオに対し、これらのオプションを追加設定して水資源配分を検討した結果、遼陽市区・本溪市平山区の工業地域において余剰水が追加的に配分される（用水転換シナリオ、運用改善シナリオ）。しかし流域の代表的な工業都市である鞍山市区では余剰水の増加はなかった。配分可能な表流水を増加するだけでは不十分である。

先に鞍山市区を中心とした地域で工業用水不足の発生が見られた維持流量・地下水揚削減オプションに用水転換・運用改善オプションを追加設定して、工業用水不足の緩和効果を検討したが、その効果は極めて限定である。上記と同様に表流水の増加のみでは不十分と結論付けられた。

太子河流域の配分可能な水資源量は、現在の供水量レベルよりも高い水準にある。将来の需要増加に対して水供給を確保するためには、地下水を中心とした既存水源のみに依存した水源構成を改め、現時点では余剰水が極めて豊富な表流水を利用するための方策が必要である。

(2) 提言

遼寧省小康社会建設構想では、2020年の産業別GDP比率にて第2次・第3次産業を中心とした構成を提示している。太子河流域の経済発展には工業用水の確保が必要である。

工業生産増による水需要増加に対応するためには、①再生水の利用向上、②河川水質回復、③農業用水の合理化・転用による供給増加が必要である。

①については、統計資料を用いた分析によれば、太子河流域の製造業は、日本と比べても、既に高い水準の補給原単位を実現している。これ以上の大幅な原単位の向上は求められないものと判断される。したがって②と③への対応がポイントである。

遼陽市区・本溪市平山区では現在の総水需要のおよそ5倍に達する表流水が余剰水として配分可能である。遼陽市区・本溪市は太子河本川に接しており、表流水への距離的なアクセスには問題はない。しかし遼陽市区では工業用水水源の約6割を地下水に依存している。これは葎窩ダム下流における水質状況（豊水期：Ⅲ類、渇水期：Ⅴ類）に起因する。まず②水質の回復（通年：Ⅲ類）が必要である。③農業用水合理化・転用による効果は、水資源配分分析にて余剰水の追加的な配分として確認したように明らかである。

鞍山市区については、現状の水源構成のままでは、需要増に対応した水供給確保には限界がある。表流水の新規水源確保、遼陽市区と同様に②、③の検討を進めることが必要である。地下水涵養を目的とした揚水削減を進めた場合に工業用水が不足する。表流水の増加を念頭においた用水転換・運用改善オプション（③に相当）のみでは十分な水量を確保できない。ここでは解決策として、上記の①②を統合的に考慮したイメージを示す(図 6.1.15)。①②③を統合的に考慮することが水資源配分の検討では重要である。増加は鞍山市区に対する新規導水に、回復は太子河区・宏偉区・遼陽県における表流水利用、再生は企業における回収率向上に対応する。

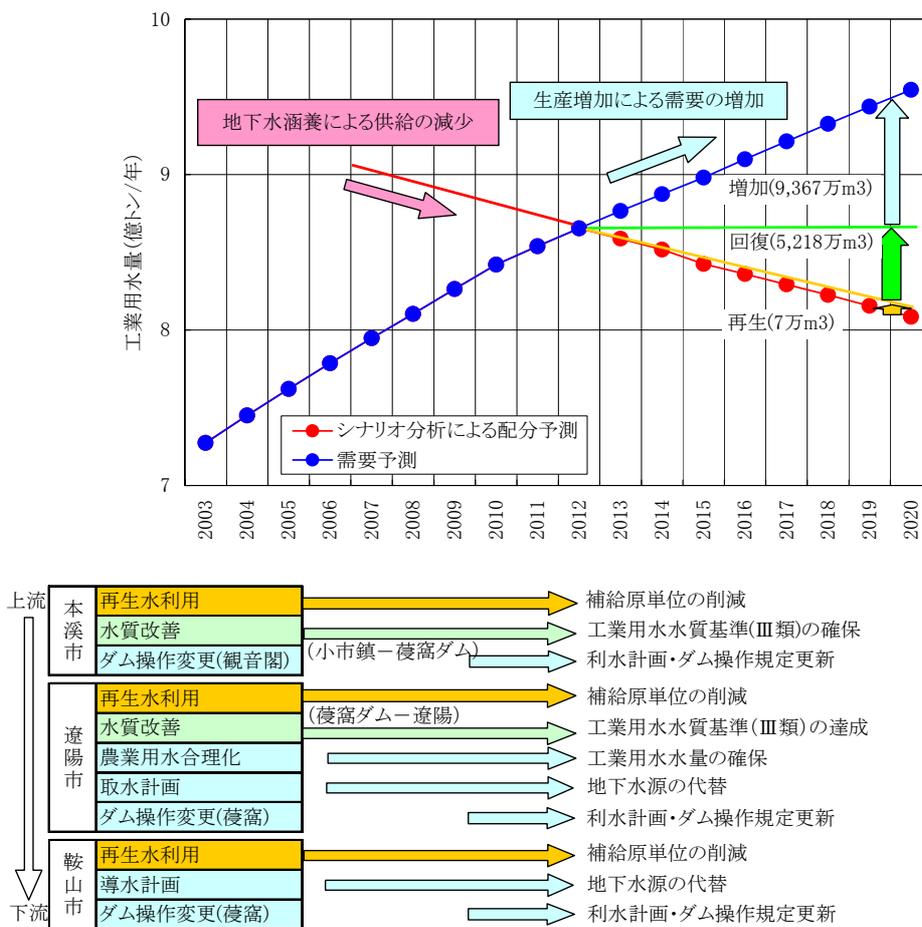


図 6.1.15 工業用水確保のための段階的な取り組みイメージ

6.2 水価格制度

6.2.1 背景

水価格が上昇すると、水の利用者には水料金の増大を抑えるために節水に対する動機付けが働く。工場では節水型設備・プロセスの導入を促すことになる。また農業では、より灌漑効率が高い技術方式への移行が促進されることになる。

6.2.2 生活用水

(1) 水価格制度の現状

生活用水は、水道公社が供給する水道水と自家製の井戸水とに二分される。前者からは水料金が徴収され、後者からは水資源費が徴収される。水料金は、従量制（メータあり水道）と定額制（メータなし水道）とに分けられる。従量制料金を採用する水道は、都市部を中心に普及している。水道水の価格は、水道公社が水利局に支払う水資源費、浄水等のコストおよび汚水処理費で構成される。太子河流域での金額は 1m^3 あたり 1.4 元から 2.0 元である。

(2) 水需要の価格弾性

水需要の価格弾性とは、水価格が変化したときの、水需要の変化との関係を表す指標である。水需要の価格弾性は具体的には次式で表現される¹。

$$Q2 = Q1 \times (P2 / P1)^E \quad (\text{式 6.2.1})$$

ここで $Q2$: 水価格変更後の消費量、 $Q1$: 水価格変更前の消費量、 $P2$: 変更後の水価格、 $P1$: 変更前の水価格、 E : 水需要の価格弾性である。

価格弾性がマイナスならば水価格が上昇すると水需要が減少する、プラスではその逆に増大することを意味する。絶対値の大小は需要の変化の大小に対応する。北京市での分析事例では-0.24の値が示されている。

(3) 生活用水需要の価格弾性の検討方法

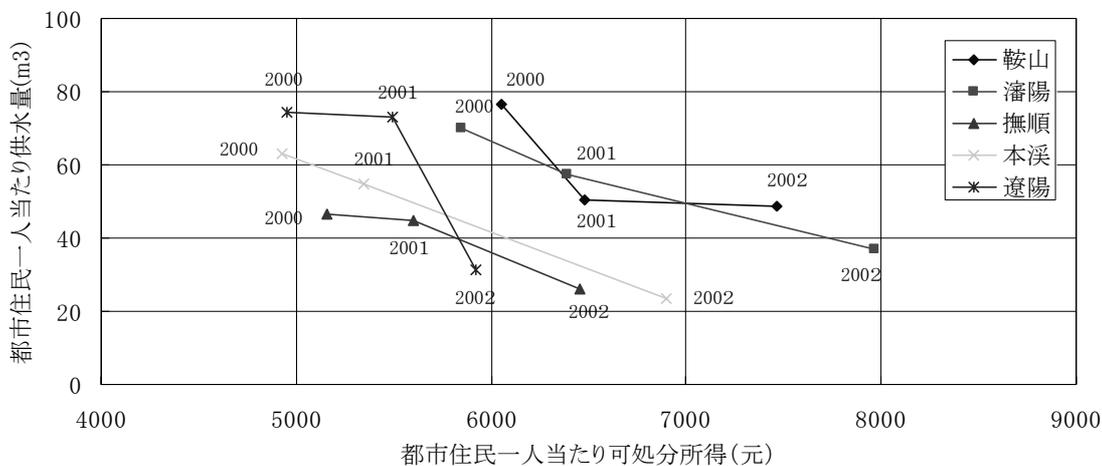
水価格が上昇したときに、利用者に節水の動機を与えるのは、水料金が使用量に応じて変動する場合、すなわち水料金が従量制である場合である。水需要の価格弾性を評価するには、水価格を実際に変更して使用量の変化を観測する方法が直接的であるが、現実的ではない。そこで代替的な方法として、従量制水道が普及している都市部における生活用水供水量・住民所得・水価格の関係を検討した。

(4) 都市部における供水量と所得の推移

経済成長と共に、個人所得が向上するに従い、利用者一人当たりの水使用量は増加すると推定される。しかし近年の太子河流域都市部の供水量と所得の関係は反対である。両者の関係を図 6.2.1 に示した。

¹ Liu Shao, Water pricing towards sustainability of water resources : a case study in Beijing, Journal of Environmental Sciences, Vol.14, No.4, pp.518-523, 2002

これは利用者個々の水利用とは別の要因、たとえばメータあり水道の普及、供水ロスの低減など、水道事業の整備進捗による影響が推察される。同一都市の時系列データによる価格弾性の分析は困難である。



出典: 中国城市統計年鑑・遼寧統計年鑑

図 6.2.1 都市住民の年間可処分所得と年間供水量の推移

(5) 地域所得差に注目した水使用量の価格弾性検討

太子河流域の鞍山・瀋陽・撫順・本溪・遼陽の5都市の住民所得には地域差がある。所得が異なり、水価格が同じであることと、所得が同じで、水価格が異なることは、水需要に対する影響の点では類似であると考えられる。

このような考え方に従い、5都市において水価格を所得で割り、単位所得あたりの水価格を求めた。この単位所得あたりの水価格と水の使用量との関係を分析して、価格弾性を評価した。

- ① 都市 i ごとに水価格を可処分所得で割り、単位所得あたりの水価格 $P(i)$ を求める。生活用水の供水量を $Q(i)$ とする。
- ② 任意の2都市の $P(i) \cdot Q(i)$ 組合せを(式 4-2-1)の $Q2 \cdot Q1 \cdot P2 \cdot P1$ に入力して、等式を満たす E を算定する。

価格弾性の算定結果を表 6.2.1 に示した。平均値である -1.085 の場合、水価格が 10% 上昇すると、水使用量が 9.1% 減少することを意味する。

この値は北京市での例よりやや絶対値が大きい。生活用水の価格によるコントロールでは、従量制水道の普及が前提である。水道の利用者に対して不公平感を与えないことが大切である。また低所得者層の必要な水利用の障害とならないような配慮が必要である。

表 6.2.1 生活用水の価格弾性の算定結果

都市の組合せ		価格弾性値
都市 1	都市 2	
瀋陽	鞍山	4.373
瀋陽	撫順	-1.613
瀋陽	本溪	-3.109
瀋陽	遼陽	-0.548
鞍山	撫順	-4.304
鞍山	本溪	-9.266
鞍山	遼陽	-1.928
撫順	本溪	1.670
撫順	遼陽	2.009
本溪	遼陽	1.864
平均		-1.085

出典:JICA 調査団

6.2.3 工業用水

(1) 水価格制度の現状

工業用水を自己開発した水源から取水する場合には水資源費、国家予算で建設した利水施設から給水を受ける場合には水費の支払いが必要である。現行の費用は、前者が表流水 0.11 元/m³、地下水 0.35 元/m³、後者が 0.52 元/m³である。

(2) 産業の節水可能性

水価格が上昇したときに、企業が節水を行うのは、水利用効率を改善する余地があることが前提となる。工業用水の水利用効率は、①単位生産量あたりの総水量、②総水量に占める補給水の割合（回収率）で評価される。後者の回収率については流域 5 市の水準は、多くの業種で日本の現状水準と同じかそれ以上のレベルにある。日中の業種別の回収率を表 6.2.2 に示した。

表 6.2.2 回収率の日中対比

業種	瀋陽市	鞍山市	本溪市	遼陽市	撫順市	日本
食品加工業	62.9%	64.8%	59.8%	59.5%	72.1%	39.3%
食品製造業	47.8%	49.6%	45.0%	44.8%	56.2%	39.3%
飲料製造業	64.0%	65.9%	60.8%	60.6%	73.2%	19.4%
紡績業	47.8%	49.6%	45.0%	44.8%	56.2%	14.8%
紙・パルプ・紙製品業	53.3%	55.2%	50.4%	50.1%	62.1%	46.5%
石油化学・石炭工業	96.5%	97.0%		95.5%	99.1%	84.8%
化学原料・化学製品業	92.3%	93.3%	90.7%	90.6%	97.1%	84.8%
医薬品製造業	84.2%	85.8%	81.7%	81.5%	91.6%	84.8%
製鉄・鉄鋼加工業	92.9%	93.8%	91.3%	91.2%	97.4%	90.6%
一般機械工業	69.8%	71.8%	66.7%	66.5%	78.9%	67.8%
輸送機械工業	81.8%	83.4%	79.1%	78.9%	89.6%	92.6%

出典:JICA 調査団、日本のデータは経済産業省「平成 15 年工業統計表 用地・用水編」より作成した。中国側の回収率が高いものは着色した。

日本に比べて回収率が低い業種については、設備導入による回収率が可能である。工業用水価

格を上昇させることは、企業に対してコスト削減のための設備更新および節水（回収率向上）を促す動機付けとなると考えられる。

回収率が全て日本の水準に達したと仮定した場合の、工業用水の削減効果を表 6.2.3 に示した。

表 6.2.3 回収率向上による工業用水削減効果

市	瀋陽市	鞍山市	本溪市	遼陽市	撫順市
2003 実績 (万 m ³)	21,017	23,682	17,166	26,134	18,557
削減量 (万 m ³)	300	6	15	22	2
削減率(%)	1.43%	0.03%	0.09%	0.08%	0.01%

太子河流域の主要都市である鞍山・本溪・遼陽における回収率向上による削減効果は 0.1%にも満たない。日本と同レベルを指標とした回収率向上による用水削減効果はあまり期待できない。

工業用水の節減を進めるには、既存技術の導入だけでなく、新規の技術開発が必要である。従って、節水を目的とした水価格制度は、企業の節水技術開発への支援政策と並行して進めることが必要である。

なお本検討では、中国産業の回収率が相当な水準にあるとの推計データに基づいて検討を進めたが、太子河流域では本溪市・遼陽市・海城市などで工場廃水による環境汚染が顕在化しており、回収率の高さとはやや矛盾する。規模以下工業など統計資料が少ない中小企業での回収率については改善の余地がある可能性がある。

6.2.4 農業用水

(1) 水価格制度の現状

農業用水を自己開発した水源から取水する場合には水資源費、国家予算で建設した水利施設から給水を受ける場合には水費の支払いが必要である。現行の費用は、前者が表流水 0.001 元/m³、地下水 0.002 元/m³、後者が 0.05 元/m³である。

(2) 農業用水の価格水準

農業用水の水価格は、生活用水・工業用水と比べて、水資源費は約 100 の 1、水費では 10 分の 1 であり、極めて低い水準にある。水資源費・水費の対比を表 6.2.4 に示した。

表 6.2.4 水価格の対比

		水価格(元/m ³)				
		農業(A)	生活(B) ^(注)	工業(C)	比率(A)/(B)	比率(B)/(C)
水資源費	表流水	0.001	0.1	0.11	1%	0.9%
	地下水	0.002	0.2	0.35	1%	0.6%
水費		0.05	0.5	0.52	10%	9.6%

(注)生活用水の水道料金には水資源費または水費に、汚水処理費・加圧費が加算される。

(3) 農業用水の経済性

農業各分野の経済産出を、単位水量あたりに換算したものを、農業用水の経済産出原単位と呼ぶことにする。この数値が高いほど水の利用による経済効果は大きく、逆に低いほど経済効果は小さいことを意味する。太子河流域各地域の農業用水の経済原単位は、工業用水のそれに比べて低い。特に農業用水の約 80%（遼寧省水資源管理年報 2003 年版）を占める水稻灌漑用水の原単位は 1 万元/万 m³ 程度であり、工業用水の約 100 分の 1 に過ぎない。農業用水の大半を占める原単位の対比を表 6.2.5 に示した。

表 6.2.5 太子河流域各地域の農業用水と工業用水の原単位

		単位: 万元/万m ³									
		水稻	トウモロコシ	野菜	大型家畜	豚	羊	家禽	養殖	育苗	工業用水
瀋陽市	蘇家屯区	1.2	2.2	14.4	87.8	101.3	50.2	330.4	3.1	6.4	82.8
鞍山市	海城市	0.8	5.5	12.3	170.1	99.3	43.7	209.3	4.1	1.0	193.1
	鞍山市郊区	0.7	4.9	12.1	285.7	99.9	43.6	257.6	4.1	4.9	
	千山区	0.8	5.0	12.6	302.0	105.2	46.5	281.7	4.3	4.9	
撫順市	撫順県	1.3	0.9	6.8	111.1	130.3	81.7	252.0	21.1	2.1	89.3
	新賓県	1.0	0.7	48.8	92.9	132.9	29.6	199.6	38.1	0.4	
本溪市	本溪県	0.7	0.6	5.0	48.9	86.1	41.7	156.4	1.7	111.9	193.7
	平山区	0.6	0.6	5.4	266.5	148.2	56.2	218.2	9.6	1.8	
	溪湖区	0.6	0.5	7.1	271.1	122.6	57.9	182.2	5.1	3.0	
	明山区	0.6	0.8	11.1	148.5	154.0	85.8	281.2	8.0	3.0	
遼陽市	南芬区	0.7	0.6	5.8	118.4	111.1	81.9	354.9	65.4	19.5	69.1
	遼陽県	0.9	1.5	4.6	67.6	78.7	35.0	144.0	12.4	2.1	
	灯塔市	0.9	1.7	6.1	104.6	82.8	23.4	237.5	19.5	2.1	
	遼陽市郊区	1.0	1.5	7.1	139.4	124.4	152.4	183.8	-	11.0	
	宏偉区	1.0	1.5	7.1	139.4	124.4	152.4	183.8	-	11.0	
太子河区	弓長嶺区	0.8	2.0	3.9	138.3	136.7	306.7	313.9	-	32.8	69.1
	太子河区	1.0	1.4	7.4	145.3	137.0	19.3	172.8	-	2.1	

-: データなし

出典: 遼寧統計年鑑 2003、中国環境年鑑 2003

(4) 農業用水価格の現状に対する評価

農業用水の 80% を占める水稻灌漑用水に注目すると、水価格は工業用水よりも低い、経済原単位もほぼ同じ程度に低く、水利用による経済産出に応じた価格であると評価できる。

「三農問題」という言葉で知られているように、中国では農村の構造改善・農民の所得向上・農業生産の確保は重要な問題である。農業用水価格の上昇は、このように灌漑用水の経済性が低い状況では、農民所得に対して大きな悪影響を与えることが容易に予想できる。価格操作のみによる対策ではなく、灌漑効率の向上に関わる技術導入を積極的に進め、節水効果を具体化して、農民所得の向上を図ることがまず必要であるものと判断される。

第7章 河川水質・排水管理

7.1 河川水質・排水データ分析

7.1.1 河川水質データ分析

(1) 河川水質データ

表 7.1.1 に示す既存の河川表流水水質データを遼寧省水文水資源観測局から収集した。

表 7.1.1 既存河川表流水水質データ収集地点リスト

地区級行政区	地点名	観測頻度 (回/年)	収集期間 (年)	場所
本溪市	小市	6	2002, 2003	水文観測所
	二焦	12	2003	本溪市下流部
遼陽市	遼陽	12	2003	水文観測所
	小林子	12	2003	水文観測所
	唐馬寨	12	2003	遼陽市下流部
鞍山市	小河口	6	2002, 2003	遼陽市鞍山市境
	小姐廟	12	2003	海城市下流部、下流端、国家環境基準点

出典：JICA 調査団

(2) 河川表流水サンプリング

河川表流水のサンプリング・水質分析を実施した。採水地点は図 7.1.1 に示すとおり本川 18 箇所（小市～三岔河間）、支川 2 箇所（海城河および北沙河）の計 20 箇所である。採水日は、2004 年 11 月 9 日および 10 日の 2 日間であった。

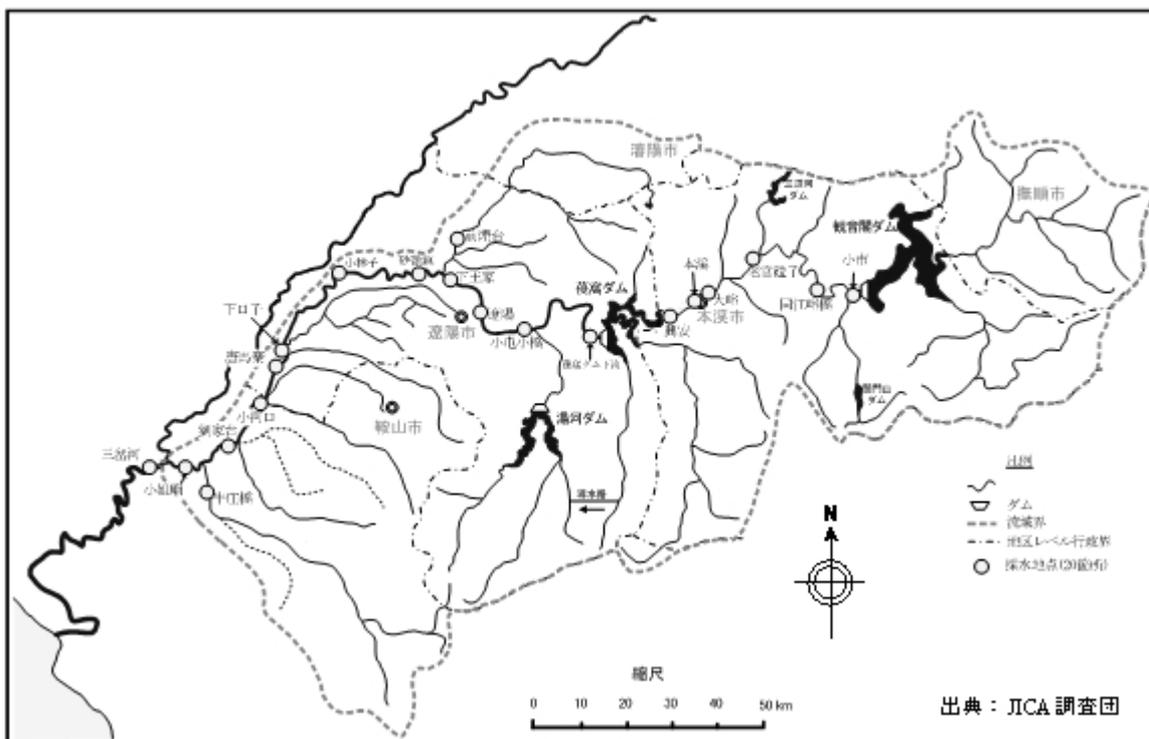


図 7.1.1 表流水サンプリング地点(2004 年 11 月)

7.1.2 太子河本川沿いの河川水質分析

(1) 2002年類型別水質

遼寧省水資源公報 2002、各市の水資源公報 2002によると、2002年における太子河流域の水質類型は表 7.1.2 のように分類される。2002年時点で本溪市区間、および遼陽市下流部～渾河合流地点において、遼寧省遼河流域水汚染防止第十次五カ年計画で指定された 2005年の目標水質環境基準類型を超えていることが分かる。

表 7.1.2 太子河流域の水質類型 (2002)

行政区	水系	区間	目標類型	渇水期	豊水期
本溪市	太子河	観音閣ダム～大峪	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
		本溪市	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ
		本溪二焦(興安)	Ⅳ	超Ⅴ	超Ⅴ
遼陽市	太子河	本溪(興安)～遼陽	Ⅴ	Ⅴ	Ⅲ
		遼陽～小林子	Ⅴ	超Ⅴ	超Ⅴ
		小林子～唐馬寨	Ⅴ	超Ⅴ	Ⅳ
	北沙河	紅菱堡～大東山堡	Ⅴ	超Ⅴ	超Ⅴ
鞍山市	遼河		Ⅴ	超Ⅴ	Ⅳ
	渾河		Ⅴ	超Ⅴ	超Ⅴ
	太子河	小河口～三岔河	Ⅴ	超Ⅴ	超Ⅴ
	海城河		Ⅴ	Ⅴ	Ⅳ
	楊柳河		Ⅴ	超Ⅴ	超Ⅴ
	南沙河		Ⅴ	超Ⅴ	超Ⅴ
	運糧河		Ⅴ	超Ⅴ	超Ⅴ

行政区	ダム	区間	目標類型	通年
本溪市	観音閣	貯水池内	Ⅱ	Ⅱ
遼陽市	湯河	貯水池内	Ⅱ	Ⅱ
遼陽市	葎窩	貯水池内	Ⅴ	Ⅲ

出典：遼陽市水資源公報 2002、鞍山市水資源広報 2002、本溪市水資源公報 2002

太子河本川は、本溪市街区で水質が悪化した後、葎窩ダム地点で水質がやや回復し、遼陽市下流部で再度水質が悪化する。汚染源の詳細検討のためには汚濁負荷を考慮した水質モデルの構築が必要である。現時点で想定される太子河本川沿いの主要汚染源を表 7.1.3 に示す。

表 7.1.3 想定される太子河本川沿いの主要汚染源

汚染源	排水	汚水流入河川	汚染区間
小市鎮	工業・生活	小湯河、太子河本川	小湯河合流地点、小市鎮
本溪市街区	工業・生活	太子河本川	大峪-興安間
小屯鎮	工業・生活	湯河、太子河本川	湯河合流地点
遼陽市街区	工業・生活	太子河本川	遼陽-北沙河合流地点間
北沙河流域	工業・生活	北沙河	北沙河合流地点
遼陽・柳壕灌漑区	農業	太子河本川	小林子-下口子間
鞍山市街区	工業・生活	南沙河、運糧河、楊柳河	下口子-小河口
海城市	工業・生活	五道河、海城河	劉家台-小姐廟間

出典：JICA 調査団

また、太子河本川沿いの水質類型および水質・排水管理状況を図 7.1.2 に示し、各河川区間における現状をまとめた。

(a) 本溪市（観音閣ダム～大峪～興安）

本溪市の水質管理区間は、国家環境基準点である大峪を境として 2 河川区間（観音閣ダム～大峪間、大峪～興安間）に分割される。観音閣ダム貯水池の水質は、2002 年時点で II 類に分類され、飲料水に使用できるレベルである。観音閣ダム下流部に位置する小市鎮には、本溪市環境保護局により重点汚染排出企業が 16 箇所指定されている（2003 年 10 月時点）。小夾河の合流地点付近に位置する老官砬子は、本溪市の 78 万人（給水人口）の生活用水水源地となっている。大峪観測地点は、2002 年時点で 2005 年目標環境基準である II 類水質を維持している。老官砬子と大峪地点間には重点汚水排出企業が 6 箇所ある¹。

大峪観測地点の下流部では、本溪市街地の工業・生活排水が汚染源となり突然水質が悪化する。本溪観測地点では、2002 年の渇水期・豊水期ともに V 類となり水道水源としては利用できない。本溪二焦観測地点ではさらに水質が汚染され超 V 類となっている。大峪地点と興安地点間には、重点汚染排出企業が 14 箇所指定されている（2003 年 10 月時点）。

(b) 遼陽市（菱窩ダム～唐馬寨）

太子河本川は、本溪市街区の工業・生活廃水でさらに汚染された後、菱窩ダム貯水池へ流入する。菱窩ダムでは 2 支川（細河、蘭河）の流入により貯水池が希釈され、2002 年の水質が渇水期・豊水期ともに III 類になっている。菱窩ダム下流の小屯鎮からは工業・生活廃水が排出され、湯河と太子河本川合流地点の汚染源となっている。遼陽観測地点では、2002 年豊水期には III 類水質基準を満たしているが、渇水期には流量が減少するため V 類の水質となっている。遼陽観測地点付近の汚染源としては、小屯鎮および遼陽市街区からの工業・生活排水が考えられる。

太子河本川と北沙河との合流地点下流部に位置する小林子観測地点では、北沙河流域および遼陽市街区からの工業・生活排水により、2002 年の渇水期・豊水期ともに V 類基準を満たしていない。小林子観測地点より下流の全区間において、太子河本川の水質は V 類基準を満たさず、農業用水にも使用できないほど水質が汚染されている。灌漑期には、遼陽市下流部に位置する遼陽灌漑区・柳壕灌漑区からの農業排水も汚染源となっている。

(c) 鞍山市（小河口～小姐廟）

鞍山市街区を流下する 3 支川（南沙河、運糧河、楊柳河）は、いずれも鞍山市街区からの工業・生活排水により汚染されて太子河本川へ流入する。鞍山市の下水処理場である鞍山市西部第二下水処理場の処理水は、運糧河に放流されている。運糧河および楊柳河合流地点下流の小河口観測地点では、太子河、運糧河（黒色）、楊柳河（茶色）の 3 河川が混合しておらず、3 色の流れを形成している。

小河口観測地点と小姐廟観測地点（太子河最下流部の観測地点）間では、五道河および海城河が流入する。これら 2 河川は、海城市からの工業・生活排水によって汚染されている。小姐廟地点では、2002 年の渇水期・豊水期ともに水質が V 類基準を満たしていない。

¹本溪市の水環境現状分析報告、本溪市環境保護局、2003 年 10 月 9 日

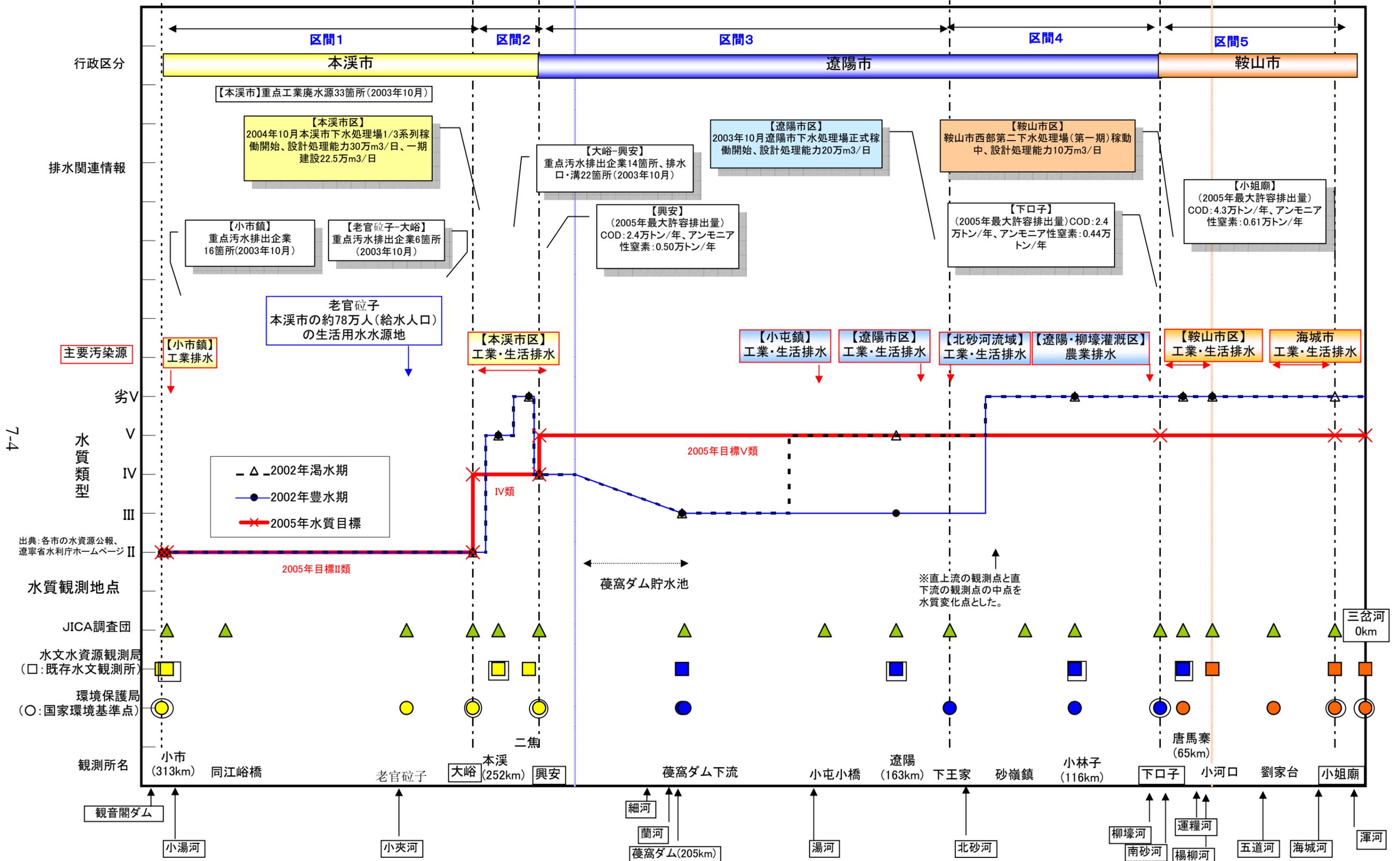


図7.1.2 太子河本川沿いの水質類型および水質・排水管理状況

(2) 水質の縦断変化

太子河流域の表流水水質分析結果をもとにして、縦断変化の水質変化を図 7.1.3、図 7.1.4 および図 7.1.5 に示し、表 7.1.4 に変化の概要を整理した。

表 7.1.4 水質の縦断方向の変化

調査地点	行政区分	縦断方向の変化の概要
小市～興安	本溪市	<ul style="list-style-type: none"> 最上流の小市地点は、全般的にも最も水質が良好であった。 本溪市を流下するにつれて、水質は緩やかに悪化した。
興安～菱窩ダム	遼陽市	<ul style="list-style-type: none"> 興安地点を過ぎると菱窩ダムに向かって、若干水質が改善された。 これは、支川(細川及び蘭河)の流入による希釈効果である。
菱窩ダム～遼陽	遼陽市	<ul style="list-style-type: none"> 再び、遼陽市を流下するにつれて、水質は緩やかに悪化した。
遼陽～北砂河合流点	遼陽市	<ul style="list-style-type: none"> 北砂河が合流し、水質悪化が加速した。 北砂河(前煙台地点)の水質は、合流点前後(下王家地点と砂嶺子地点)と比べて悪質であり、太子河本川の水質悪化に大きな影響を及ぼしていると判断された。
北砂河合流点～小河口	遼陽市～鞍山市	<ul style="list-style-type: none"> 太子河本川の水質は急激に悪化した。 この間で、鞍山市からの排水を受け持つ支川(柳壕河～楊柳河)が流入し、太子河下流の水質を劣V類に悪化させる最大の要因となっている。 小河口地点では左・中・右の濃度に大きなばらつきがあり、これは楊柳河(左)、運糧河(中)、太子河本川(右)の3つの流れが完全に混合していないためと判断された。
海城河合流点～三岔河	鞍山市	<ul style="list-style-type: none"> 鞍山市(海城市)からの排水を受け持つ海城河の水質は劣悪であり、多くの水質項目が基準を満たしていない。 支川流入が無いにも関わらず水質が改善する傾向にあるのは、感潮区間における潮位変動による影響を受けたものと推測された。

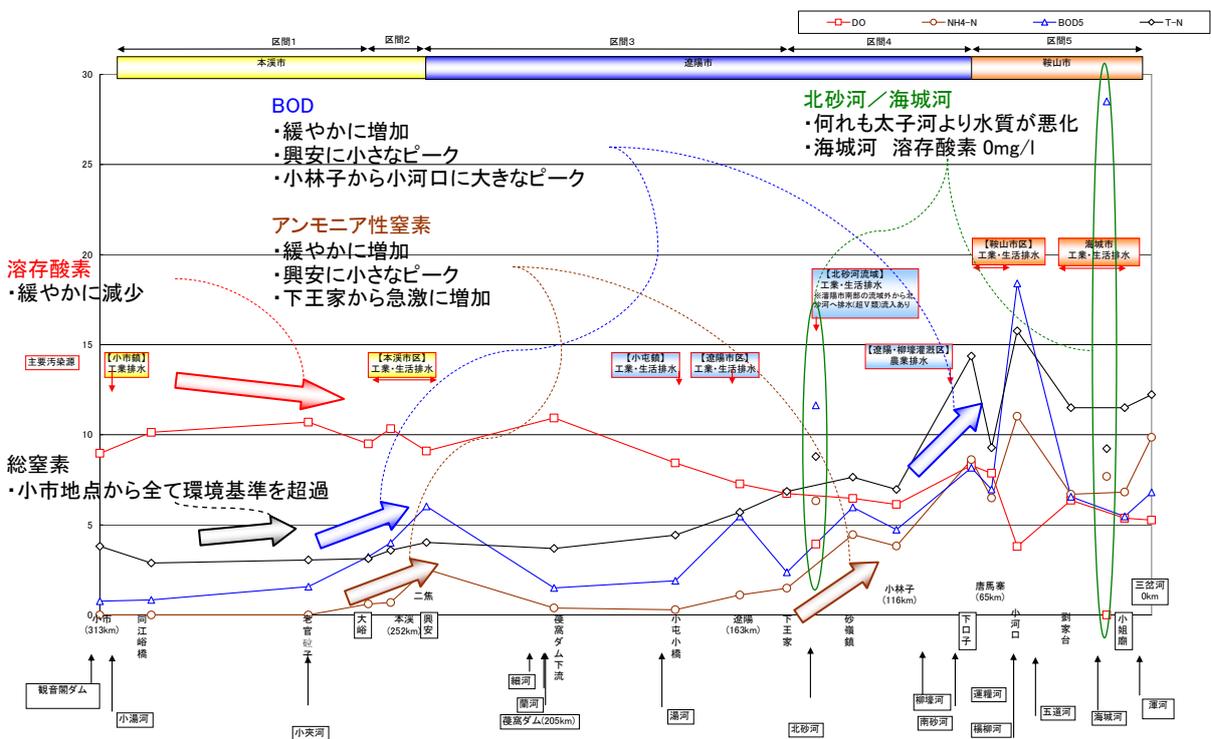


図 7.1.3 水質縦断図 (溶存酸素、アンモニア性窒素、生物学的酸素要求量、総窒素)

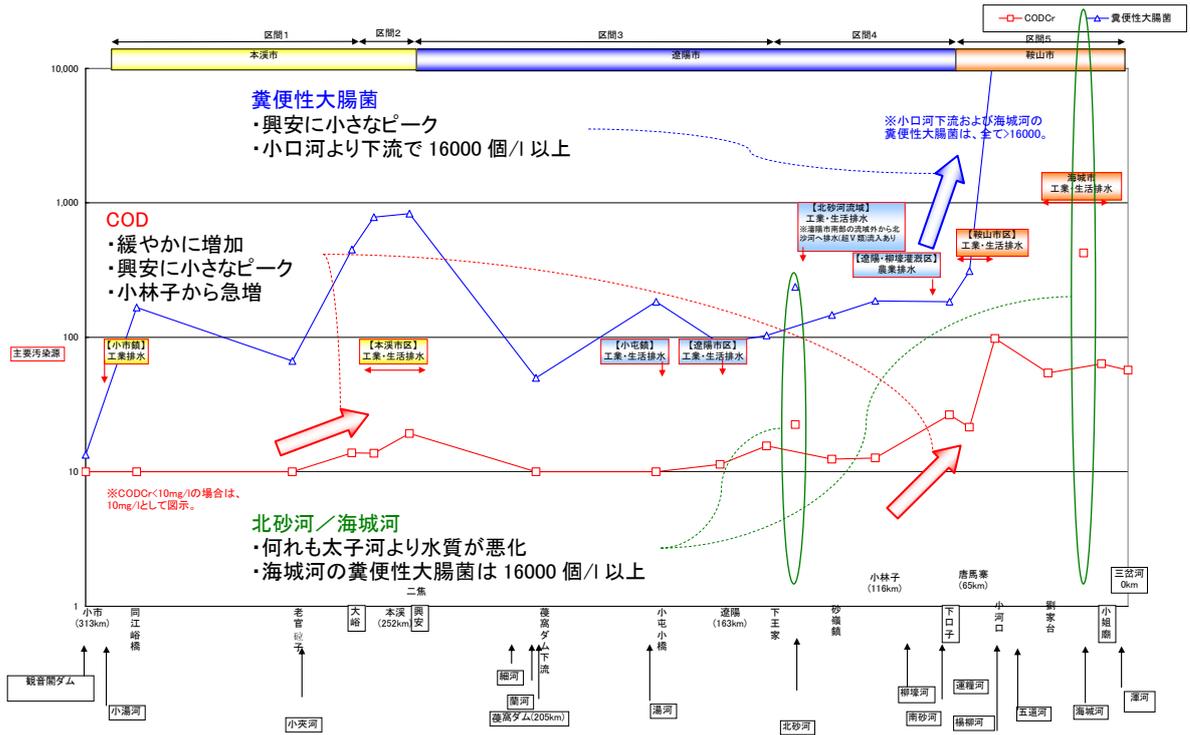


図 7.14 水質縦断面図 (化学的酸素要求量、糞便性大腸菌)

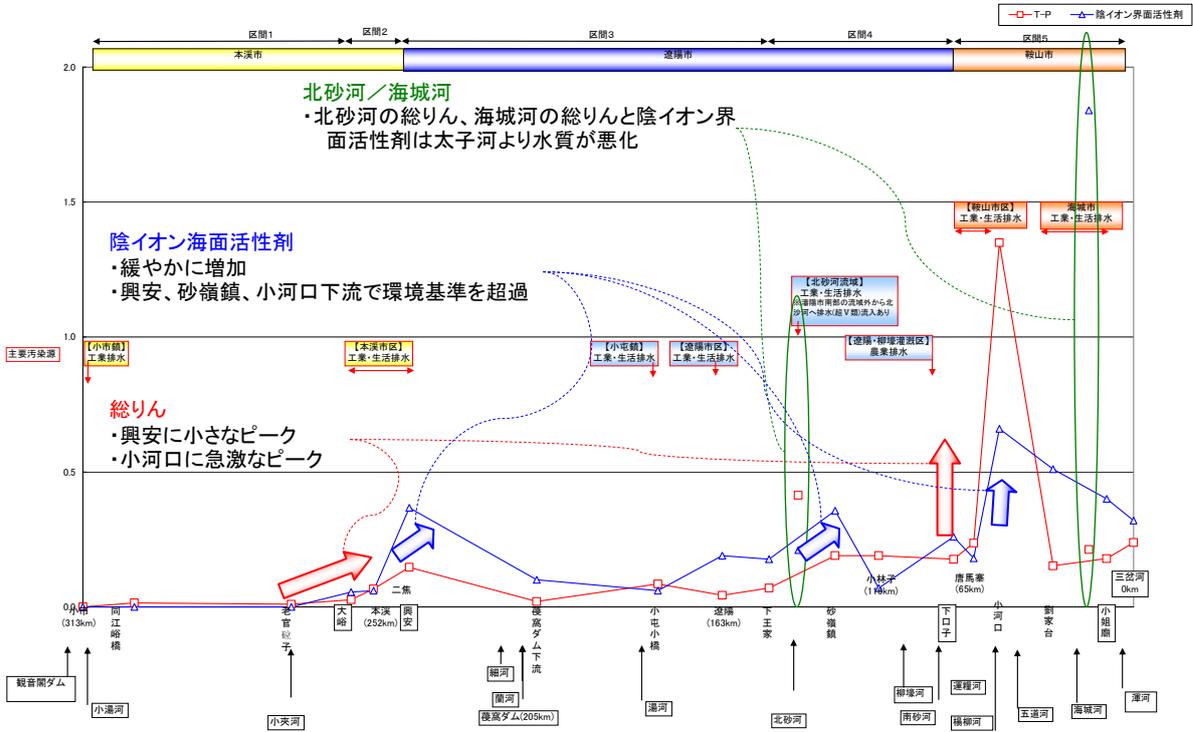


図 7.15 水質縦断面図 (総リン、陰イオン界面活性剤)

(3) 水質項目ごとの特徴

分析を行った水質項目のうち主な項目に関して、その特徴を表 7.1.5 に整理した。

表 7.1.5 水質項目の特徴

水質項目	特徴
水素イオン濃度指数(pH)	<ul style="list-style-type: none"> 太子河 pH は 7.4～8.8 であり、全ての地点において環境基準を満たした。 海城河のみ基準を満たさず(pH=9.3)、アルカリ系排水による汚染が疑われた。
溶存酸素(DO)	<ul style="list-style-type: none"> 太子河 DO は 1.8～11.3mg/l であり、下流に向かって緩やかに減少した。 海城河 DO は 0mg/l であり、汚濁が著しく悪化していることに加えて、河道の変化(落差等)がほとんどないことなどが原因になっていると推測された。
化学的酸素要求量(COD _{Cr})	<ul style="list-style-type: none"> 太子河 COD_{Cr} は <10～142.8 mg/l であり、下流に向かって緩やかに増加した。 小林子地点より下流で急増し、小河口地点より下流は環境基準を超過した。 北沙河及び海城河の COD_{Cr} は太子河に比べて高く、特に海城河では 423.9mg/l に達した。
生物学的酸素要求量(BOD ₅)	<ul style="list-style-type: none"> 太子河 BOD₅ は 0.7～27.3 mg/l であり、下流に向かって緩やかに増加した。 COD_{Cr} と同様に小林子地点より下流で急増するが、環境基準を超過する地点は COD_{Cr} と比べて少なかった。 北沙河及び海城河の BOD₅ は太子河に比べて高く、特に海城河は 28.5mg/l に達した。 BOD₅/COD_{Cr} 比から判断すると、太子河水質は全般的にやや生物処理され難い状態にあった。支川のうち海城河は生物処理が困難な状態にあり、工場排水等の強い影響を受けていると考えられた。一方、北沙河は BOD₅/COD_{Cr} 比が高く、比較的生物処理しやすい水質であると判断できた。
総窒素(T-N)	<ul style="list-style-type: none"> 太子河 T-N は 2.9～18.1 mg/l であり、下流に向かって緩やかに増加した。 最上流の小市地点で既に 3.8mg/l に達しており、全川で環境基準値を上回った。 観音閣ダム水質(2003.11 参考値)も 2.1mg/l に達しており、その上流に点在する小規模な鎮からの生活排水や農地で使用された窒素肥料による影響が推測された。
アンモニア性窒素(NH ₄ -N)	<ul style="list-style-type: none"> 太子河 NH₄-N は 0.14～16.20 mg/l であり、下流に向かって緩やかに増加した。 大峪地点、興安地点及び北沙河合流点下流で環境基準を上回り、とくに下王家地点から下流で急増した。 T-N に占める NH₄-N の割合は興安地点及び砂嶺鎮地点より下流、北沙河、海城河で高く、本溪市や鞍山市からの尿尿汚染が疑われた。
総リン(T-P)	<ul style="list-style-type: none"> 太子河 T-P は 0.01～2.43 mg/l であり、下流に向かって緩やかに増加した。 小河口地点及び北沙河で、環境基準を超過した。
糞便性大腸菌	<ul style="list-style-type: none"> 太子河の糞便性大腸菌は、小市地点～唐馬寨地点にかけては環境基準を満足した。 小河口地点において突如として 16000 個/l 以上(測定上限)となり、その下流は全て 16000 個/l 以上の環境基準超過状態となった。 このことから、唐馬寨～小河口(運糧河及び楊柳河の流入あり)にかけて、糞便由来の汚染を受けたと判断された。なお、鞍山市西部第二下水処理場の排水は、運糧河を経由して太子河放に流入している。 また、海城河の糞便性大腸菌も 16000 個/l 以上であった。
陰イオン界面活性剤	<ul style="list-style-type: none"> 太子河の陰イオン界面活性剤は 0.05～1.01mg/l であり、下流に向かって緩やかに増加した。 興安、砂嶺鎮および小河口より下流で環境基準を超過した。
その他	<ul style="list-style-type: none"> 興安地点において、揮発性フェノール及び水銀が環境基準値を超過して検出された。 これらの物質は、自然中ではほとんど検出されないことから工場排水の混入が疑われた。

7.1.3 排水水質データ分析

(1) 既存水質データ

表 7.1.6 に示す既存の排水口からの排水水質データを遼寧省水文水資源観測局から入手した。

表 7.1.6 排水水質データ収集地点リスト

地区級行政区	観測年(年)	収集データ数	データ収集排水口名称 (データ数)			
本溪市	2004	86 (71.7%)	郑家河沟(3)	本溪污水处理厂(1)	本钢二钢大下水(3)	福金沟(3)
			工源水泥厂(3)	千金沟(3)	崔东沟(3)	本钢煤气厂(3)
			本溪水泥厂(Ⅰ)(3)	东坟沟(3)	本钢发电厂二电(3)	本钢一铁烧结(3)
			溪湖沟(3)	张家堡沟(3)	合金沟(3)	卧龙河(3)
			北卧龙河(3)	制药厂・啤酒厂(3)	本溪县小市污水(3)	北地沟(3)
			本钢建材厂(1)	本溪化肥厂厂前(3)	本溪水泥厂(Ⅱ)(3)	本溪县纺织厂(3)
			本溪县火柴厂(3)	本溪县曲轴厂(3)	本溪县屠宰厂(3)	东明沟(3)
			西坟沟(3)	南甸沟口(3)		
遼陽市	2004	20 (16.7%)	北排(3)	长排 1(2)	弓排(2)	南排(3)
			三排(2)	万宝桥(1)	小红旗(1)	新开河(3)
			总排(3)			
鞍山市	2004	14 (11.7%)	海城河(牛庄)(3)	南沙河(2)	五道河(3)	杨柳河(3)
			运粮河(3)			
合計		120 (100%)	44 排水口			

(2) 排水サンプリング

太子河流域の排水口において、排水サンプリング・水質分析を実施した。採水は図 7.1.6 及び表 7.1.7 に示した 60 箇所において、2005 年 6 月 21 日～23 日の 3 日間に実施した。

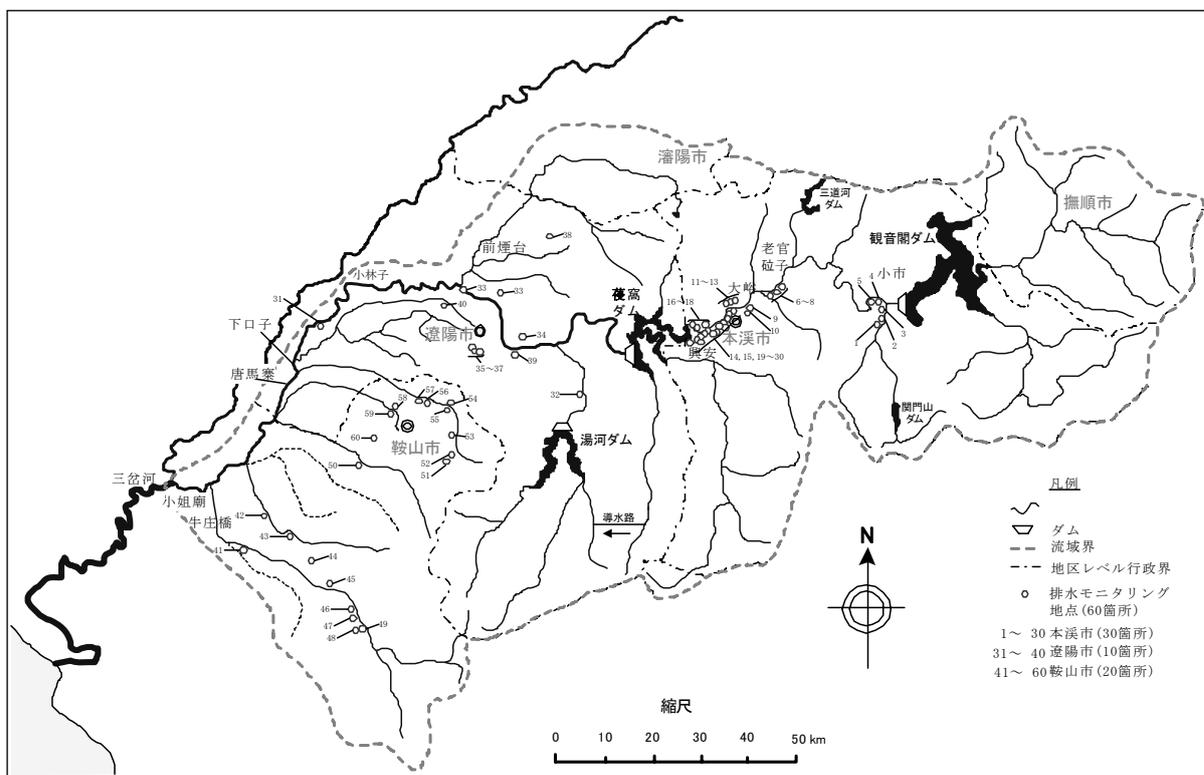


図 7.1.6 排水サンプリング地点(2005 年 6 月)

表 7.1.7 排水サンプリング地点リスト

本溪市					
1	本溪县纺织厂	6	制药厂啤酒厂	11	溪湖沟
2	本溪县屠宰厂	7	红脸河	12	本钢发电厂二电
3	本溪县生活污水	8	卧龙河	13	本钢一铁烧结
4	本溪县曲轴厂	9	合金沟	14	本溪水泥厂(I)
5	本溪县火柴厂	10	张家堡沟	15	本溪水泥厂(II)
16	郑家化工厂	21	北地沟	26	本钢建材厂
17	郑家河沟	22	东明沟	27	化肥厂厂前
18	污水处理厂	23	崔东沟	28	本钢二钢大下水
19	东坟沟	24	千金沟	29	工源水泥厂
20	西坟沟	25	本钢氧气厂	30	福金沟
遼陽市			鞍山市		
31	弓排	36	长排	41	岳家村
32	三排	37	屯梁 1	42	古城子
33	万宝桥	38	屯梁 2	43	大莫闸门
34	马蜂河上游矿区	39	新开河	44	海城外环电厂
35	总排	40	南排	45	哈大公路桥
46	海城新立大桥下	51	大孤山	56	太平
47	海城新立大桥上	52	殡仪馆	57	劳动桥
48	响堂小河沿	53	高新区	58	吴三台子
49	海城同泽中学	54	陈家台右岸	59	达道弯
50	杨柳河	55	陈家台左岸	60	宁远镇

着色凡例
 1,2・・・58: 工場排水を主な排水源とする地点(計 28 箇所) 3,4・・・60: 生活排水を主な排水源とする地点(計 21 箇所)
 8,33・・・48: 工場排水と生活排水を主な排水源とする箇所(計 11 箇所)

(3) 太子河流域の排水管理の状況

排水サンプリングの実施に際して、太子河流域の排水管理の状況を調査した。各市における排水管理の特徴を図 7.1.7 にまとめる。

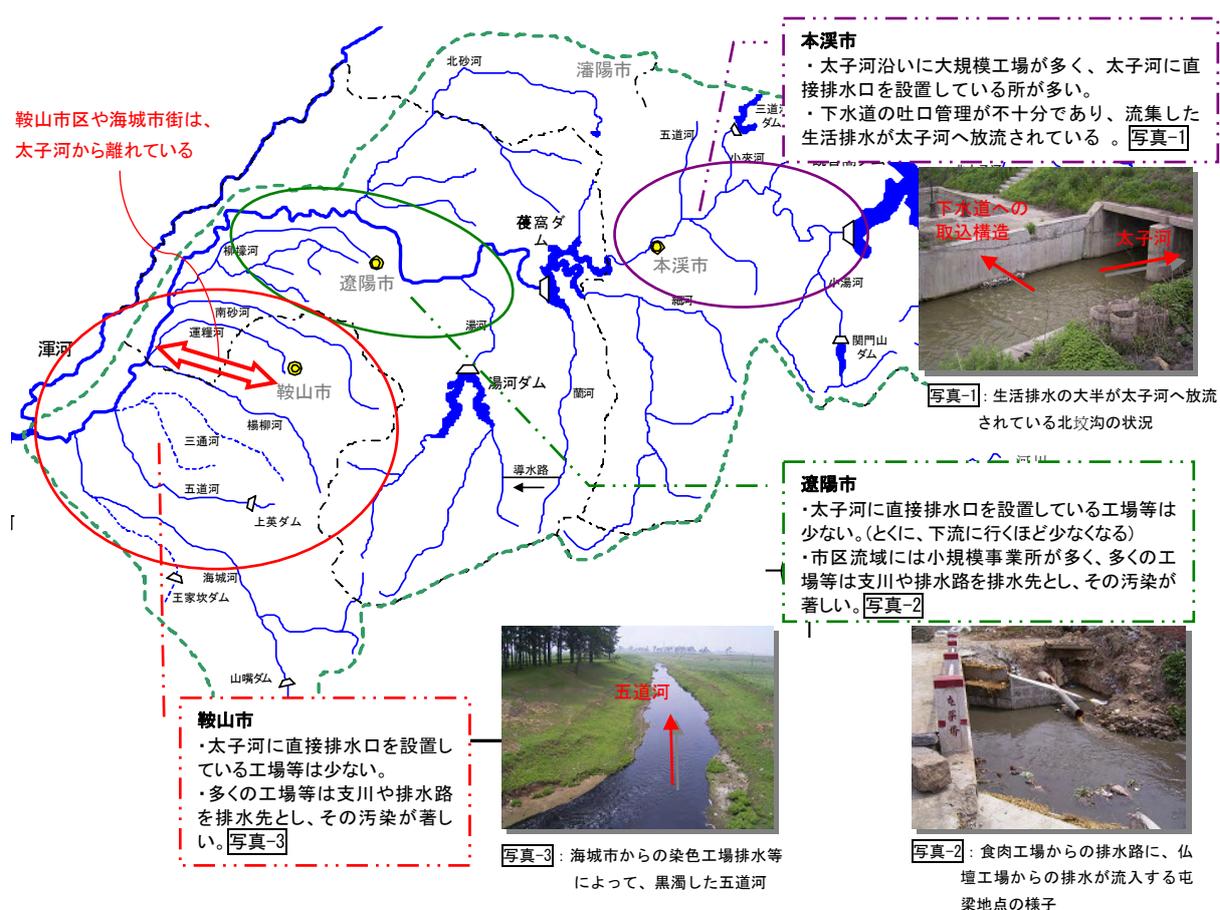


図 7.1.7 太子河流域の排水管理の状況

7.1.4 排水水質

(1) 既存排水水質データの分析

既存の排水水質データをもとに、水質項目別の排水水質基準達成率を整理した(図 7.1.8)。一律基準が定められたヒ素化合物、六価クロム、水銀の達成率は100%である。一方、BOD(生物学的酸素要求量)と COD_{Cr}(化学的酸素要求量)の達成率はそれぞれ55%、60%と低い。

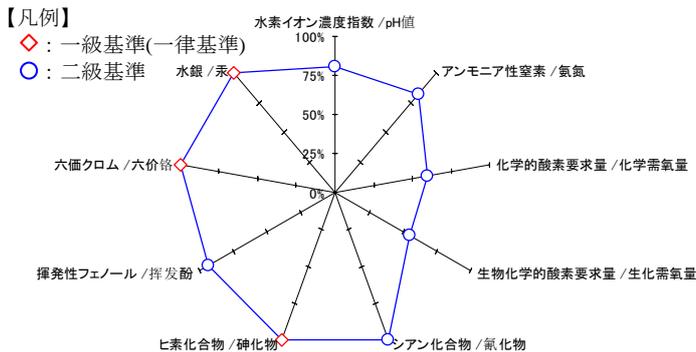


図 7.1.8 水質項目別の排水基準達成の割合

(2) 主な排水源別の排水管理状況

排水サンプリングの分析結果をもとに、その排水源が「主に工場排水の場合」と「主に生活排水の場合」とに分けて、排水水質基準達成率を整理した(図 7.1.9、図 7.1.10)。

総量規制の指標となる COD_{Cr} の排水基準達成率はそれぞれ46%と57%であり、主に工場排水を排水源とした方の達成率が低い。COD_{Cr} 平均濃度は、それぞれ216.1mg/lと164.2mg/lであり、主に工場排水を排水源とした方が多量の汚濁負荷を排出していると言える。

糞便性大腸菌は、いずれの場合もほとんど排水基準を満たさず、主に生活排水を排水源とする箇所の達成率は0%である。これは、主な排水源が工場排水か生活排水であるかに関わらず、流域全体に糞便性由来の汚染が生じていると言える。

また、揮発性フェノール、陰イオン界面活性剤、硫化物などの水質項目は、主に生活排水を排水源とする方が、主に工場排水を排水源とする場合よりも基準達成率が低い。このことから、主に生活排水を排水源とする箇所の排水には、小規模工場等からの排水がほとんど管理されないまま排水されていることも疑われる。

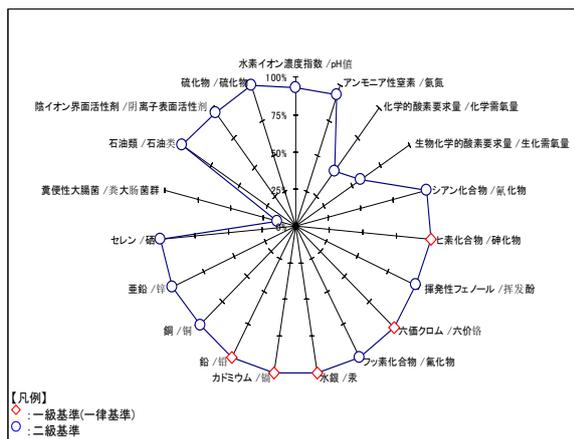


図 7.1.9 工場排水を主な汚染源とする排水口

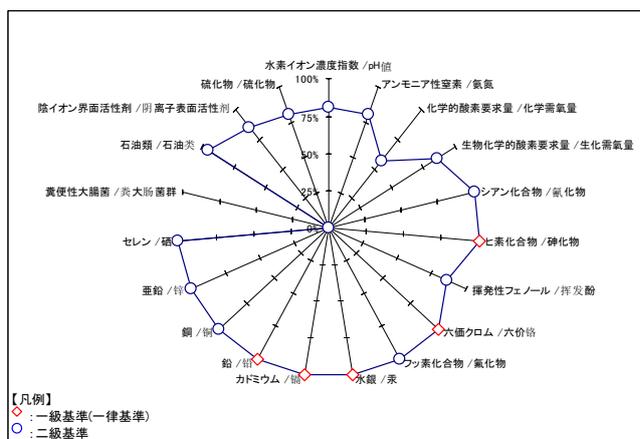


図 7.1.10 生活排水を主な汚染源とする排水口

(3) 市別の排水管理状況

排水サンプリングの分析結果をもとに、市別の排水基準達成率を整理した(図 7.1.11～図 7.1.14)。総量規制の指標となる COD_{Cr} の排水基準達成率は、本溪市と遼陽市が 67%、60%であるのに対し、鞍山市は 30%と極端に低い。COD_{Cr} 平均濃度は、順に 120.3mg/l、173.7mg/l、297.1mg/l であり、鞍山市からの排水濃度は他市よりも 2 倍近く高い。このことから、太子河下流における急激な水質悪化は、鞍山市自らの排水の影響によるものと判断でき、劣Ⅴ類の水質を改善するためには鞍山市における排水管理や下水道整備が不可欠といえる。

糞便性大腸菌はほとんどの地点で基準を満たさず(基準達成 10%)、市の違いに関わらず、流域全体に糞便性由来の汚染が生じていると言える。

一律基準が定められた六価クロムや水銀等に関しては、全ての地点で基準を満たした。しかし、基準値に近い濃度が検出された箇所もあり、人体の健康に影響を及ぼす排水が、十分な管理がなされない状態で排出されていることも疑われる。

排水基準が定められていない水質項目のうち、溶存酸素が 0mg/l の排水口は 17 箇所(うち、11 箇所が鞍山市)もあり、多くの地点で浄化作用による水質改善が望めない状態にある。また、水温が 40℃を超える温排水を排出する排水口が 3 箇所、7℃の冷排水を排水する排水口が 1 箇所あり、これらの排水は工場等から直接的な排水影響を受けていると推測される。

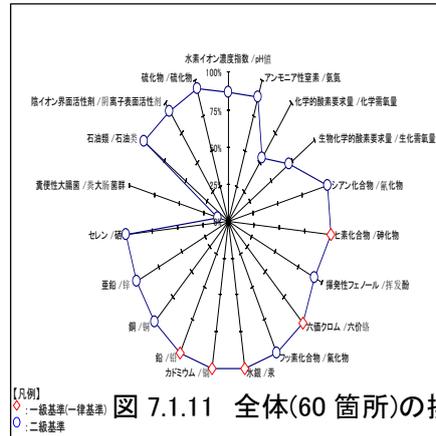


図 7.1.11 全体(60 箇所)の排水基準達成状況

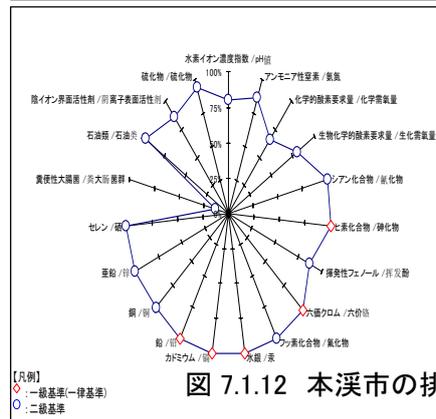


図 7.1.12 本溪市の排水基準達成状況

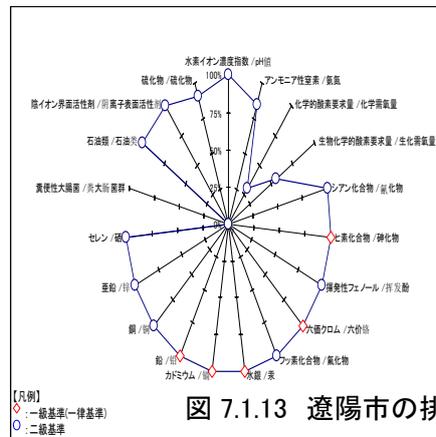


図 7.1.13 遼陽市の排水基準達成状況

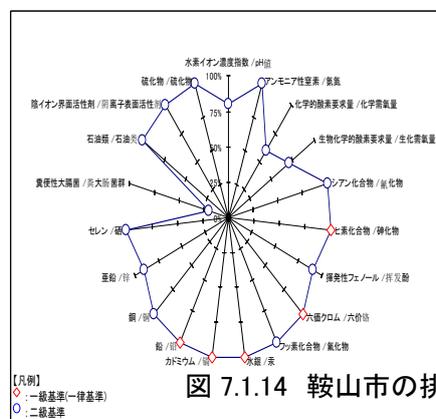


図 7.1.14 鞍山市の排水基準達成状況

7.2 汚濁負荷総量の分析

7.2.1 統計資料等を基にした発生 COD_{Cr} 負荷量の算定

(1) 算定の手順

図 7.2.1 に示す手順に従い、本溪市、遼陽市及び鞍山市から排出される COD_{Cr} 負荷量を試算した。試算の対象は、生活排水及び主要企業排水由来の COD_{Cr} 負荷量とした。

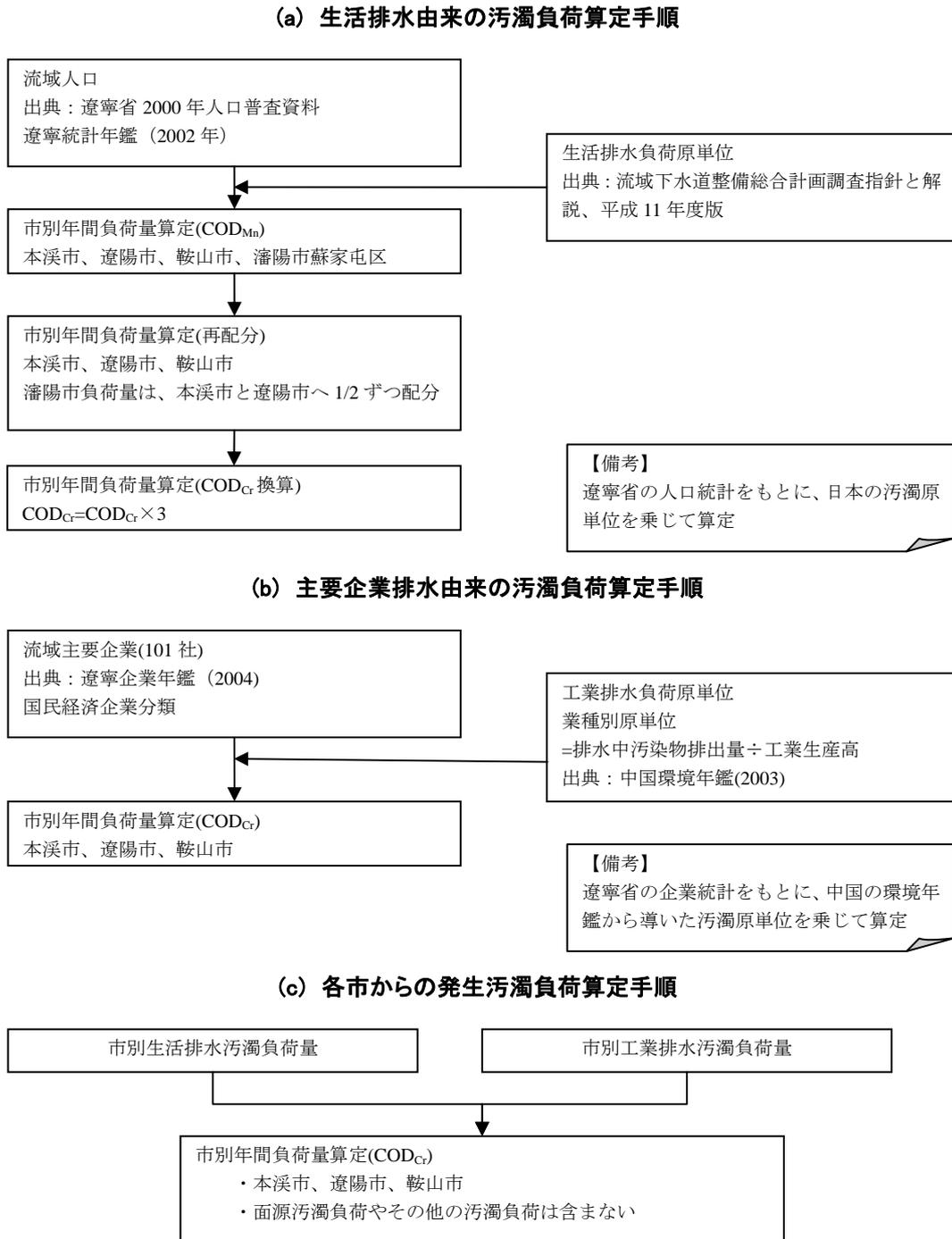


図 7.2.1 COD_{Cr} 負荷量試算の流れ図

(2) 算定結果

太子河流域（2002 年人口、6,064,000 人）の生活排水及び主要企業（遼寧企業年鑑（2004 年）による主要企業（本溪市 29 社、遼陽市 6 社、鞍山市 66 社の計 101 社））から発生する汚濁負荷量を試算した結果を表 7.2.1 に示す。

表 7.2.1 太子河流域の発生汚濁負荷量試算結果

市	水質基準点	生活排水由来 COD _{Cr} 負荷量	主要企業排水由来 COD _{Cr} 負荷量	合計 COD _{Cr} 負荷量	第 9 次 5 カ年計画 排出量 (ton/年)
		(ton/年)	(ton/年)	(ton/年)	
本溪市	興安	29,152 (71%)	11,700 (29%)	40,852 (100%)	46,518 [88%]
遼陽市	下口子	42,051 (94%)	2,721 (6%)	44,773 (100%)	45,655 [98%]
鞍山市	小姐廟	57,612 (81%)	13,643 (19%)	71,255 (100%)	96,351 [74%]
計		128,817 (82%)	28,065 (18%)	156,882 (100%)	188,526 [83%]

注 1) ()は各市の合計排出負荷量に占める割合

注 2) []は計画排出量に対する負荷量算定結果の割合(COD 負荷量÷計画排出量)

注 3) 生活排水由来の COD_{Cr} 負荷量は、COD_{Mn} 負荷量を 3 倍した値

注 4) 第 9 次 5 カ年計画排出量は、計画に示された 2000 年の数値

この表より、太子河流域での総量規制は、本溪市と遼陽市では発生 COD_{Cr} 負荷量(排出量)試算値とほぼ等しいものの、鞍山市における COD_{Cr} 負荷量は 3/4 程度となる。太子河本川の水質汚濁は、本溪市及び遼陽市の区間がおおむね環境基準を達しているのに対して、鞍山市区間は環境基準を超過し「劣 V」の状況にある。このことから、統計資料をもとに試算した場合、鞍山市から排出されている汚濁負荷は実態よりも小さく見積られる。

(3) COD_{Cr} 負荷量削減計画の不足

「第 10 次 5 カ年計画」で污水处理場や水質改善プロジェクトを実施して COD_{Cr} 負荷量の削減計画を具体化しているが、表 7.2.2 に示すように、本溪市及び遼陽市は「第 9 次 5 カ年計画」で定めた最小削減量に達していない。

表 7.2.2 COD_{Cr} 負荷量削減計画と削減目標との乖離

市	COD _{Cr} 削減計画 (トン/年)				最小削減量 (トン/年)
	污水处理場	水質改善事業	合計	計画率 (%)	
本溪市	19,400	0	19,400	85	22,900
遼陽市	13,800	6,300	20,100	77	26,100
鞍山市	54,700	6,000	60,700	105	58,000

出典：JICA 調査団

7.2.2 実測流量・水質に基づいた水質基準点負荷量

(1) 算定の手順

図 7.2.2 に示した手順に従い、本溪市、遼陽市及び鞍山市から排出される COD_{Cr} 負荷量を試算した。試算の対象は、生活排水及び主要企業排水由来の COD_{Cr} 負荷量とした。

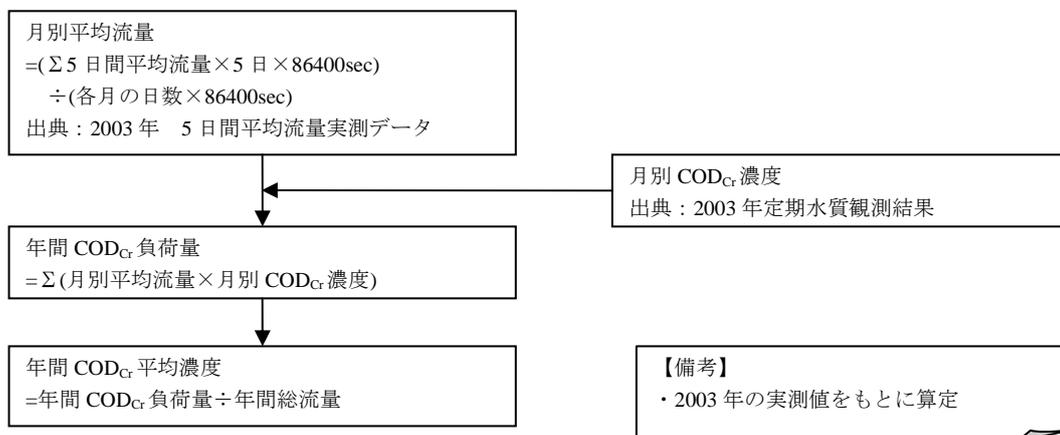


図 7.2.2 COD_{Cr} 負荷量の算定方法

(2) 算定結果

太子河流域における水質基準点および代表流量観測所である、本溪二焦(本溪市)、遼陽、小林子、唐馬寨(それぞれ遼陽市)、及び小姐廟(鞍山市)の既存の流量及び水質データ(2003)から、年間に流下する COD_{Cr} 負荷量および各河川区間で排出された負荷量を推定した(表 7.2.3)。

本溪市から太子河に流入する COD_{Cr} 負荷量(2003 データに基づく推定値)は、「第 10 次 5 年計画」の最大許容流入量を下回り、遼陽市からの流入はわずかに上回り、鞍山市からは計画の 2 倍以上もの流入があった。

調査で実施した水質サンプリング結果(2004 年 11 月)を見ても、太子河の COD_{Cr} 濃度は、本溪二焦(本溪市)、遼陽、小林子、唐馬寨(以上、遼陽市)の各水質基点で、環境基準の類別の COD_{Cr} 規制値を超えていない。しかし、小姐廟における水質は環境基準を大幅に上回り劣 V を観測した。

鞍山市から太子河へ流入する COD_{Cr} 排出負荷量は、統計資料等を基にした試算結果(生活排水及び主要企業排水)では「第 9 次 5 年計画」で示された COD_{Cr} 排出負荷量を満たした。しかし、実測の流量・水質をもとにした試算では、鞍山市からの排出負荷量は 82,347ton/年と推定され、COD_{Cr} 河川最大許容流入量を超過し、鞍山市からの汚濁負荷流入が太子河下流部の水質悪化の最大の要因であると推測された。

また、本溪市については COD_{Cr} 河川最大許容流入量を下回っており、「本溪市年環境整備七年計画」等の実施効果が現れている。しかし、現状の排水水質は基準値を超過しており、より一層工場等からの排出量の低減を図るとともに、対策が遅れている下水道整備を推進し、今後の都市化の進展や人口増加に対応した負荷削減計画が必要である。

表 7.2.3 現状の排出負荷量の推定

市	本溪市	遼陽市			鞍山市
水質基準点	興安	—	—	下口子	小姐廟
流量観測所	本溪二焦	遼陽	小林子	唐馬寨	小姐廟
年平均流量(m ³ /s,2003)	25.90	26.60	35.50	41.20	69.20
COD 目標値(第 10 次 5 ヶ年計画)					
河川水質基準目標類型	IV	V	V	V	V
環境基準値(mg/l)	30	40	40	40	40
年最大許容排出量(ton/年)	21,166	—	—	21,911	38,735
現状の COD 濃度・負荷量					
現状年間総水量(MCM/年)	820.4	849.9	1,132.8	1,311.6	2,182.3
現状年間負荷量(ton/年)	11,040	10,069	21,278	36,404	118,751
現状年間排出負荷量(ton/年)	11,040	(-972)	11,210	15,125	82,347
現状各市年間排出負荷量(ton/年)	11,040	—	—	25,364	82,347
現状 COD 平均濃度(mg/l)	13.5	11.8	18.8	27.8	54.4
汚染源					
工業・生活排水	本溪地区	小屯鎮	北沙河、遼陽地区		鞍山・海城地区
灌漑区からの還元水				遼陽・柳壕	

注 1)流量は 2003 年の 5 日平均流量を基に算定した各月の平均流量

注 2)COD_{Cr} 平均濃度は、年間負荷量÷年間総流量 として算定

注 3)COD_{Cr} 濃度は、観測地点における定期水質分析結果

注 4)小姐廟の流量は水収支モデルによる推定値

注 5)年間負荷量は、Σ(各月平均流量×定期水質分析結果×日数) として算定

また、各市の水質基準点及び流量観測所ごとに、主な汚染源と現状の排出負荷量の推定結果を図 7.2.3 に示した。本溪市及び遼陽市は、水質環境基準を達成(本溪市Ⅱ類、遼陽市Ⅲ類)している。鞍山市のみが水質環境基準を大幅に超過し劣Ⅴ類の汚濁状況にあり、鞍山市(鞍山市区及び海城市)からの工業・生活排水が大きな原因となっていることがわかる。

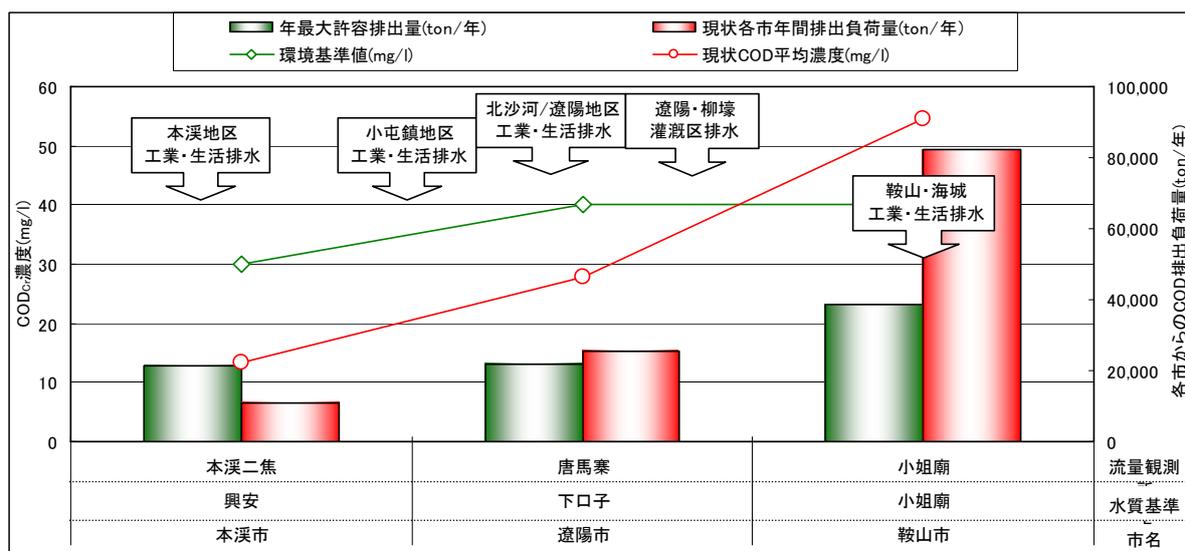


図 7.2.3 汚染源と現状の排出負荷量の推定

7.2.3 COD_{Cr} 負荷量削減計画による水質改善効果の推定

(1) 負荷量削減計画

第10次5ヵ年計画に示されたCOD_{Cr}負荷量削減計画(表7.2.4、表7.2.5)、実測流量(2003, 5日間流量)、および定期水質調査結果に基づき、年間に流下するCOD_{Cr}負荷量及び各市区間で排出された負荷量を試算し水質改善効果の推定を行った。

表 7.2.4 第10次5ヵ年計画に示された負荷削減(水質改善プロジェクト)

水質基準点	施設改善(ton/年)	除外施設(ton/年)	計(ton/年)
興安	0	0	0
下口子	720	5,600	6,320
小姐廟	50	5,920	5,970
計	770	11,520	12,290

表 7.2.5 汚水処理場計画の概要とCOD_{Cr}削減量

	本溪市	遼陽市	鞍山市	合計	備考
計画処理場数(箇所)	4	3	5	12	
計画処理能力(m ³ /日)	475,000	300,000	780,000	1,555,000	
うち、供用中の処理場	1(試験運転)	1	1	2	
供用中の処理能力(m ³ /日)	75,000	200,000	100,000	375,000	
計画建設費(万元)	53,777	57,700	151,781	263,258	
計画COD _{Cr} 削減量(ton/年)	19,402	13,843	54,748	87,993	
うち、現状の削減量 (供用中処理場の削減量)	3,063	9,229	7,019	19,311	削減量×供用能力÷計画処理能力
今後の削減量	16,339	4,614	47,729	68,682	計画削減量－現状削減量

(2) 水質改善プロジェクトのみを実施した場合

工場等の廃水処理施設改善プロジェクトを導入した場合の水質改善効果を表7.2.6に示す。工場のみを対象とした水質改善プロジェクトだけでは生活排水に起因する汚濁負荷の影響が大きいため、小姐廟地点の劣V類の水質状態は改善されず、更なる対策が不可欠である。なお、下口子地点の水質はIV類に改善され、工業用水及び農業用水への利用が可能となる。

表 7.2.6 水質改善プロジェクトのみを実施した場合の水質改善効果

市	本溪市	遼陽市	鞍山市	合計	備考
水質基準点	興安	下口子	小姐廟		
施設改善(ton/年)	0	720	50	770	
除外施設(ton/年)	0	5,600	5,920	11,520	
負荷削減量 合計(ton/年)	0	6,320	5,970	12,290	
改善後年間負荷量(ton/年)	11,040	30,084	106,461		現状年間負荷量－負荷削減量
改善後COD平均濃度(mg/l)	13.5	22.9	48.8		改善後年間負荷量÷現状年間総水量
改善後河川水質基準類型	II類	IV類	劣V類		
規制値(mg/l)	15	30	40		

(3) 水質改善プロジェクト及び汚水処理場整備を全て実施した場合

工場廃水処理施設改善プロジェクトに加えて、汚水処理場が全て計画通りに整備された場合の水質改善効果を表7.2.7に示す。水質改善プロジェクトのみを実施した場合に比べて改善効果が大きく、小姐廟地点の水質はIII類まで改善され、下口子地点の水質はII類となり、いずれも生活用水としても利用可能な状況となる。第10次5ヵ年計画のプロジェクトを計画通りに実施することによって、太子河流域の表流水は多様な用途に利用可能な水質レベルまで改善することが可能となる。

表 7.2.7 水質改善プロジェクトに加えて全ての汚水処理整備を実施した場合の水質改善効果

市	本溪市	遼陽市	鞍山市	合計	備考
水質基準点	興安	下口子	小姐廟		
水質改善プロジェクト(ton/年)	0	6,320	5,970	12,290	
汚水処理場(ton/年)	16,339	4,614	47,729	68,682	
負荷削減量 合計(ton/年)	16,339	10,934	53,699	80,972	
改善後年間負荷量(ton/年)	11,040	9,131	37,779		現状年間負荷量－負荷削減量
改善後 COD 平均濃度(mg/l)	13.5	7.0	17.3		改善後年間負荷量÷現状年間総水量
改善後河川水質基準類型	Ⅱ類	Ⅱ類	Ⅲ類		
規制値(mg/l)	15	15	20		

備考：・本溪市汚水処理場による削減効果を全て見込んだ場合、興安基準点の年間負荷量がマイナスとなる。
このため、興安基準点の濃度は、本溪市汚水処理場削減量を現状年間負荷量から減じない。
・汚水処理場による削減量は、すでに供用されている施設の削減効果を除外した今後見込まれる効果とした。

(4) 汚水処理場整備の進捗を考慮した場合

第 10 次 5 カ年計画の汚濁負荷削減計画の進捗は遅々としており、とくに汚水処理場の整備は非常に遅れている。現状の整備進捗を考慮した実現性の高い試算として、水質改善プロジェクトによる排水管理に加え、以下の汚水処理場が供用された場合(表 7.2.8)の試算結果を表 7.2.9 に示す。

- ◆ 現在試運転中の本溪市汚水処理場が完全稼動 (処理能力 7.5 万 m³/日→22.5 万 m³/日)
- ◆ 現在建設中の鞍山市西部第二汚水処理場(二期)が完成 (処理能力 20 万 m³/日)

負荷削減計画が全て実施された場合に比べて改善効果は小さいが、小姐廟地点の水質はⅣ類まで改善され、工業用水及び農業用水への利用が可能となる。また、下口子地点の水質はⅢ類となり、一部の生活用水としても利用可能となる。このことから、太子河の水質改善には汚水処理場整備が不可欠であり、かつ適切な施設管理により排水が放流されないように対策する必要がある。

表 7.2.8 汚水処理場整備の進捗を考慮した当面想定される汚水処理場 COD 削減量

	本溪市	遼陽市	鞍山市	合計	備考
計画処理場数(箇所)	4	3	5	12	
計画処理能力(m ³ /日)	475,000	300,000	780,000	1,555,000	
うち、供用中の処理場	1(試験運転)	1	1	2	
供用中の処理能力(m ³ /日)	75,000	200,000	100,000	375,000	
計画 COD 削減量(ton/年)	19,402	13,843	54,748	87,993	
うち、現状の削減量	3,063	9,229	7,019	19,311	削減量×供用中能力/計画処理能力
想定される COD 削減量	6,127	0	14,038	20,165	

備考：・本溪市の今後の COD 削減量は、現状 7.5 万 m³/日の処理能力が 22.5 万 m³/日に向上した場合の値を示す。
・鞍山市の今後の COD 削減量は、建設中 20 万 m³/日の処理場が完成した場合の値を示す。

表 7.2.9 水質改善プロジェクトに加えて一部の汚水処理整備を実施した場合の水質改善効果

市	本溪市	遼陽市	鞍山市	合計	備考
水質基準点	興安	下口子	小姐廟		
水質改善プロジェクト(ton/年)	0	6,320	5,970	12,290	
汚水処理場(ton/年)	6,127	0	14,038	20,165	
計 (ton/年)	6,127	6,320	20,008	32,455	
改善後年間負荷量(ton/年)	4,913	23,957	86,296		現状年間負荷量－負荷削減量
改善後 COD 平均濃度(mg/l)	6.0	18.3	39.5		改善後年間負荷量÷現状年間総水量
改善後河川水質基準類型	Ⅱ類	Ⅲ類	Ⅴ類		
規制値(mg/l)	15	20	40		

備考：・汚水処理場による削減量は、すでに供用されている施設の削減効果を除く今後見込まれる効果である。

7.3 水質・排水管理に関わる法制度

7.3.1 太子河流域の水質・排水管理に関わる問題点

太子河流域の水質・排水管理は、環境保護部門を中心に水利部門及び建設部門によって行われ、排水発生源を含めた関係は図 7.3.1 に示すとおりであり、相互に連携することとなっている。

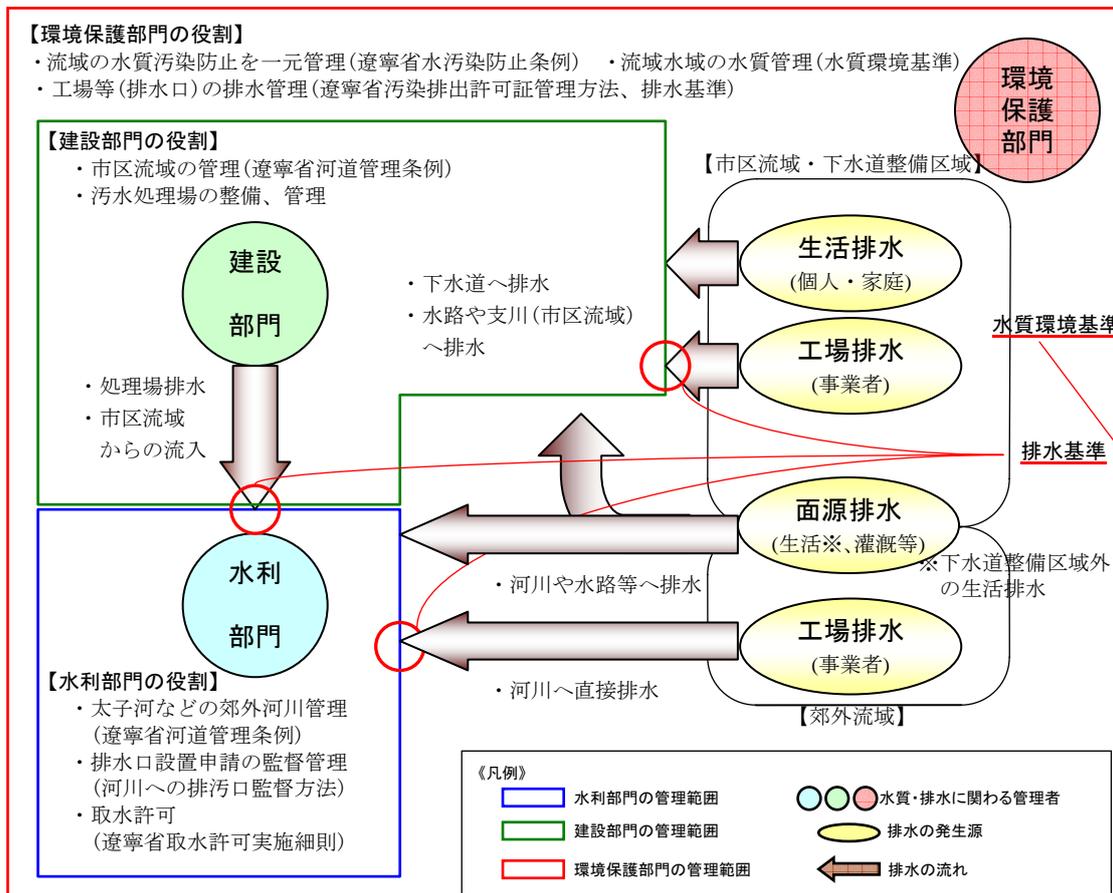


図 7.3.1 水質・排水管理の関わり

しかしながら、実際には水利部門が水質・排水管理を行うことは難しく、河川管理者の立場から水質・排水管理を行うためには、より実効性が高い条例・条文が必要であり、以下にまとめた3つの視点から法制度を改正することが重要と考える。

《河川の管理に関わる視点》

河川管理者の役割として、河川水質管理の責務を明確化し、悪化した河川の水質改善に努める

《排水の監視体制に関わる視点》

工場排水等の排出先となる河川の管理者の役割として、排水される汚水の性状や水量の実態を適正かつ迅速に把握

《排水の管理に関わる視点》

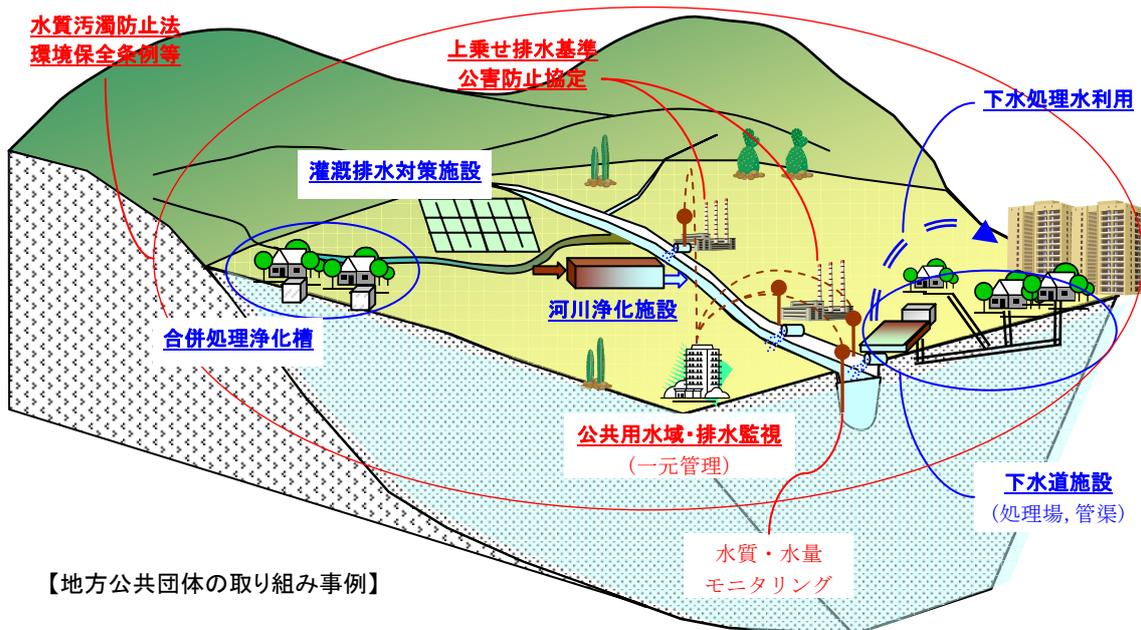
水利部門の管理権限が及ばない市区流域や工場排水管理等に関しても、その流下先である河川管理者の立場からより積極的に関与

7.3.2 日本の地方公共団体による取り組み

日本における公共用水域の水質の保全を図るため水質・排水管理は、「環境基本法」に基づいて定められた水質汚濁に係る環境基準(以下、水質環境基準という)を維持達成することを目標として幾つかの法律等を策定し、各種の施策を実施することによって行われている。水質環境基準を達成するための対策は、「水質汚濁防止法」に基づいて排出水の規制を行うことを基本とし、広く公共用水域を対象とした排水基準に基づく「濃度規制」と、特定の水域の水質を保全するための「総量規制」がある。

地方公共団体は水質汚濁防止法に基づく濃度規制や総量規制(閉鎖性海域へ適用)を原則とし、それに加えて図 7.3.2 に示すような独自の取り組みを実施し、公共用水域の保全に努めている。

施策の実施にあたっては、必要に応じて地域の実情を踏まえた関連条例等を制定し、実効性や即効性の向上を図っている。



【地方公共団体の取り組み事例】

	ソフト対策	ハード対策
流域対策	<ul style="list-style-type: none"> 法令による規制 (水質汚濁防止法、環境保全条例等) 上乗せ基準の設定 監視測定体制の整備(排水監視) 公害防止協定の締結 	<ul style="list-style-type: none"> 下水道施設整備 未整備地区における合併処理浄化槽整備 灌漑排水対策施設整備 下水処理水の有効利用(環境用水等)
水域対策	<ul style="list-style-type: none"> 監視測定体制の整備(公共用水域の監視) 	<ul style="list-style-type: none"> 河川浄化施設整備(礫間浄化施設、流水保全水路等)
その他	<ul style="list-style-type: none"> 条例等の整備 市民や事業所等に対する啓蒙活動及びPR活動 	

図 7.3.2 地方公共団体の取り組み事例

7.3.3 地方条例改正(案)

太子河流域の水質・排水管理は、中央政府の「水污染防治法」と「水污染防治法実施細則」等を上位法とし、これらに基づく「遼寧省遼河流域水污染防治条例」等に基づいて実施されている。これらの法律と排水許可関連する法制度は、環境保護部門を主管とするものである。水利部門を主管とする法制度において、河川管理者の立場から水質・排水管理の役割を担うことを明確に示すことが、水利部門が主体的に水質・排水管理を実行する上で重要である。ここでは、水質・海水管理に関わる法制度の課題を踏まえ、日本における類似地方条例や環境保護部門の関連条例を参考にし、以下の法制度を基本とした追加条文を図 7.3.3、表 7.3.1 に提案する。

《河川施設管理に関わる法制度》

遼寧省河道管理条例

《取水許可に関わる法制度》

取水許可制度実施規則／遼寧省取水許可制度実施細則／取水許可監督管理規則

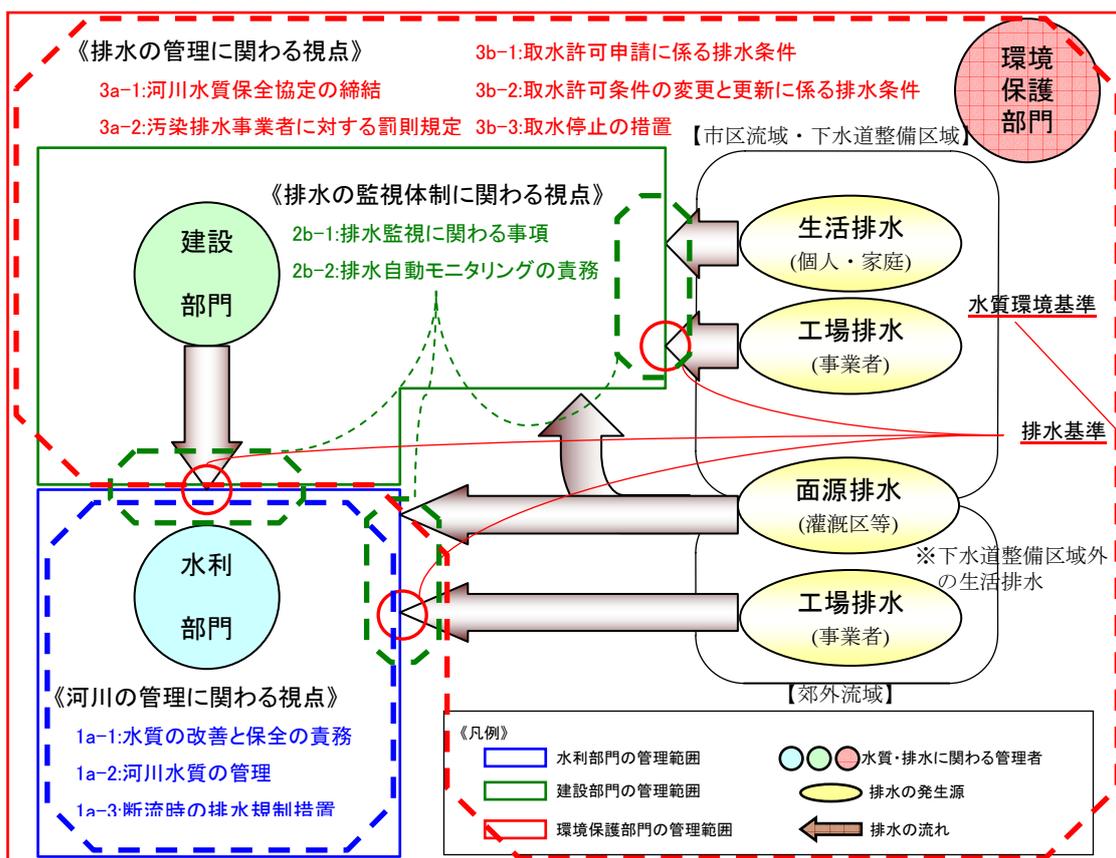


図 7.3.3 水質・排水管理の関わりと追加条文(案)の概要

表 7.3.1 水質・排水管理に関わる追加条文(案)の概要

関連法制度	追加条文			参考条例等
	河川の管理	排水の監視体制	排水の管理	
a. 遼寧省河道管理条例	<p>1a-1:水質の改善と保全の責務 県以上の人民政府と地方行政公署の水利部門は河道主管部門として、河川水質の改善と保全に関する施策を策定し、これを実施する責任を持つ。また、環境、建設等の関連行政管理部門は、それぞれの職責に基づき、水利部門と共同して河川水質の改善と保全を図る。</p> <p>1a-2:河川水質の管理 河川の水質は全て河道管理部門により計画、整備および管理される。その内容は、同レベル以上の環境保護行政部門と協議して承認し、環境保護部門を主管部門とする遼河流域水質汚染防止業務との整合を図る。</p> <p>1a-3:断流時の排水規制措置 河道管理部門は、異常な渇水による河川の断流等によって河川の汚濁が著しく進行し、その管理に重大な支障を及ぼすおそれがあると認めるときは、河川に汚水を排出する者に対し、排出する汚水の量を減ずること、汚水の排出を一時停止することその他必要な措置をとるよう求めることができる</p>		<p>3a-1:河川水質保全協定の締結 河道管理部門は、この条例の目的を達成するため必要と認められる場合は、汚水を排出する施設を設置している事業者または設置しようとしている事業者との間に河川水質保全協定を締結し、当該協定に従い特別の措置を講ずるよう努めなければならない。 汚水を排出する施設を設置している事業者または設置しようとしている事業者は、河道管理部門の求めがあった場合において、河川水質保全協定を締結し、当該協定に基づき特別の措置を講ずるよう努めなければならない。 河道管理部門は、前項の河道管理部門による求めがあった場合において、協定を締結するよう努めない事業者があるときは、その旨を公表するものとする。</p> <p>3a-2:汚染排水事業者に対する罰則規定 規定された基準を達成できない事業者に対しては、次の取水許可申請期限までに汚染排水対策を実施させ、基準を達成させる。期限までに対策を実施し、基準を達成しない事業者に対しては取水許可申請を行わない。</p>	日本の河道管理に関わる地方条例
b. 取水許可制度実施規則／遼寧省取水許可制度実施細則／取水許可監督管理規則		<p>2b-1:排水監視に関わる事項 取水許可の申請(年次審査)には、排水監視に関わる以下の事項を記載した書類を提出しなくてはならない。 (1)排水場所(2)汚水処理対策(3)排水モニタリング結果(4)排水の監視の方法</p> <p>2b-2:排水自動モニタリングの責務 1日につき 400m³以上の汚水を排出しようとするものは、汚染物排出自動モニタリング装置を取り付けて、排水の種類、濃度、数量を常時記録し、水利部門へ提出しなくてはならない。 汚水の排出について他の法令の規定により、汚染物排出自動モニタリング装置を取り付けている場合はこの限りではない。 前項の規定によるモニタリングを行うものは、排水の種類、濃度、数量を常時記録し、水利部門へ提出しなくてはならない。</p>	<p>3b-1:取水許可申請に係る排水条件 排水の種類、濃度、数量が環境保護の法律や法規に定められた基準を超えて排出している場合、取水許可証を公布せず、その理由を通知する。</p> <p>3b-2:取水許可条件の変更と更新に係る排水条件 計画行政部門或いは関係する行政部門は、水行政部門が承認した下記の事項を変更する必要がある場合、もとの審査承認を行った部門の同意の上、建設期間は取水許可申請をしない。 (1)取水量 (2)取水地点 (3)取水方式 (4)排水地点 (5)排水の種類、濃度、数量</p> <p>3b-3:取水停止の措置 排水の種類、濃度、数量が規定基準を超える取水者に対し、取水許可監督管理機関は関係部門とともに期限内に改善或いは改正の命令を下さなくてはならない。期限内に規定の要求を満たしていないものは、県レベル以上の人民政府の承認を経た上で、取水を停止することができる。</p>	汚染排出許可証条例

7.4 太子河流域における水質・排水管理に関する提言

7.4.1 マクロ制御指標体系とマイクロ原単位体系

水利部文書「水利権制度整備の枠組みに関する通知」を踏まえ、太子河流域における水質・排水管理は「経済社会発展の要求に基づく地域の水質・排水管理に関わるマクロの調整」と「地域の経済社会発展の状況と現地における水質・排水管理状況を踏まえたマイクロの取組」が重要であり、両者の確立と融合を図る必要がある。図 7.3.1 に整理した現状の課題・問題点の解決に向けた対策のうち、(I)と(V)は現行の法制度や申請手続きを厳格に運用し、関連部門との連携・協力を重点を置くものである。一方、(II)～(IV)は水利部門が主体となって水質・排水管理を実行していくために、現行の法制度等をより実効性の高いものへ改正する必要がある対策である。パイロットプロジェクトは、「マクロ制御指標体系」と「マイクロ原単位体系」に関わる課題・問題点の解決に向けた対策の効果を検証することを目的として提案するものであり、その結果は最終的な法制度等の見直しや水質・排水管理体制の確立にフィードバックする必要がある。

7.4.2 水質・排水管理に関わる段階的な取り組み

水質・排水管理に関わる段階的な取り組みを図 7.3.2 に示す。本調査による水質・排水管理に関わるマスタープランを踏まえ、現状の水質・排水管理の抱える課題・問題点に対する対策の重要性や効果をパイロットプロジェクトによって検証する。パイロットプロジェクトの成果は太子河流域全体へ展開し、本格的な実施・運用に移行することが可能となる。この段階においては、継続的に取り組んできた下水道整備等の流域対策と一体となった総合的な水質・排水管理によって、流域の水質環境基準ならびに排水基準の達成が可能となり、次のステップとして水質環境基準の引き上げ(V類型⇒Ⅲ類型)や排水基準の上乗せに移行することが可能となる。

7.4.3 総合的な取り組みの必要性

太子河流域では、環境保護部門(遼寧省環境保護局、市環境保護局)を中心に、水行政部門(遼寧省水利庁、市水利・水務局)と建設部門(遼寧省建設庁、市建設局)が、それぞれ自らの役割に応じて水環境行政に取り組んでいる。しかしながら、大きな縦割り行政が相互の連携を阻害しており、現状の水環境行政は全く一体感の無いものとなっている。水利部門が単独での取り組みには限界があることから、「従来から取り組んできた下水道整備や排水管理を推進・徹底する」ことに加えて、「水利部門自身が水質・排水管理の責務を果たす」ことで、総合的な取り組みによる適正な水質・排水管理が可能となる。

水利部門は水量と水質を一元的に管理する責務があり、取水許可と排水管理を一体のものとして管理していく必要がある。水利部は、2005年1月1日より主要河川に流入する排水口に対する排水審査(排出口の位置、排出量、排出方法)申請¹を受け付けている。水利部門自らの積極的な取り組みとして重要なものであるが、その取り組みが有効に活用されるためには、従来から環境保護部門や建設部門が主体となって管理・把握してきた排水管理情報との共有化を図り、流域が一体となった総合的な水質・排水管理の取り組みに結び付けなくてはならない。

¹ 夏 國務院南水北調工程専門家委員会委員へのヒアリング結果より(2005年5月21日、JICA調査団北京事務所実施)

現状の課題・問題点	解決に向けた対策	パイロットプロジェクト(案)
マクロ制御指標体系 (I) 環境保護部門を中心とした水質・排水管理や法制度の運用が徹底されていない。 (II) 水利部門による河川水質保全の責務が明確で無く、それを実行するための制度枠組みが整えられていない。 (III) 工場排水口や市区流域からの排水に対して、水利部門が積極的に関与できる制度枠組みが整えられていない。	マクロ制御指標体系 (I) 現行法制度の厳格な運用、環境保護部門及び建設部門との連携・協力 (II) 遼寧省河道管理条例の改正 ⇒ 河川水質の保全に関わる責務の明確化 (III) 遼寧省河道管理条例、取水許可申請等の改正 ⇒ 適正な水質の用水を供する立場から、その水源である河川水質の保全を図るために市区流域や工場排水の管理に関与	パイロットプロジェクト(案) マクロ制御指標体系 (II) 北砂河直接浄化施設整備プロジェクト (III) 太子河流域水質保全協定の導入プロジェクト
ミクロ原単位体系 (IV) 水利部門が排水の実態を適正かつ迅速に、監視・把握できない。 (V) 取水許可申請や年度審査などの取水に関わる諸手続きが適正に運用されていないため、水利部門が排水状態を把握する機会が無い。	ミクロ原単位体系 (IV) 遼寧省河道管理条例、取水許可申請等の改正 ⇒ 市区流域や工場排水管理等に関しても、その流下先となる河川管理者の立場から積極的な関与 (V) 現行法制度の厳格な運用、取水許可申請等の改正	ミクロ原単位体系 (IV) 取水許可申請時の排水管理方法の見直しプロジェクト

図 7.4.1 パイロットプロジェクト展開までの流れ

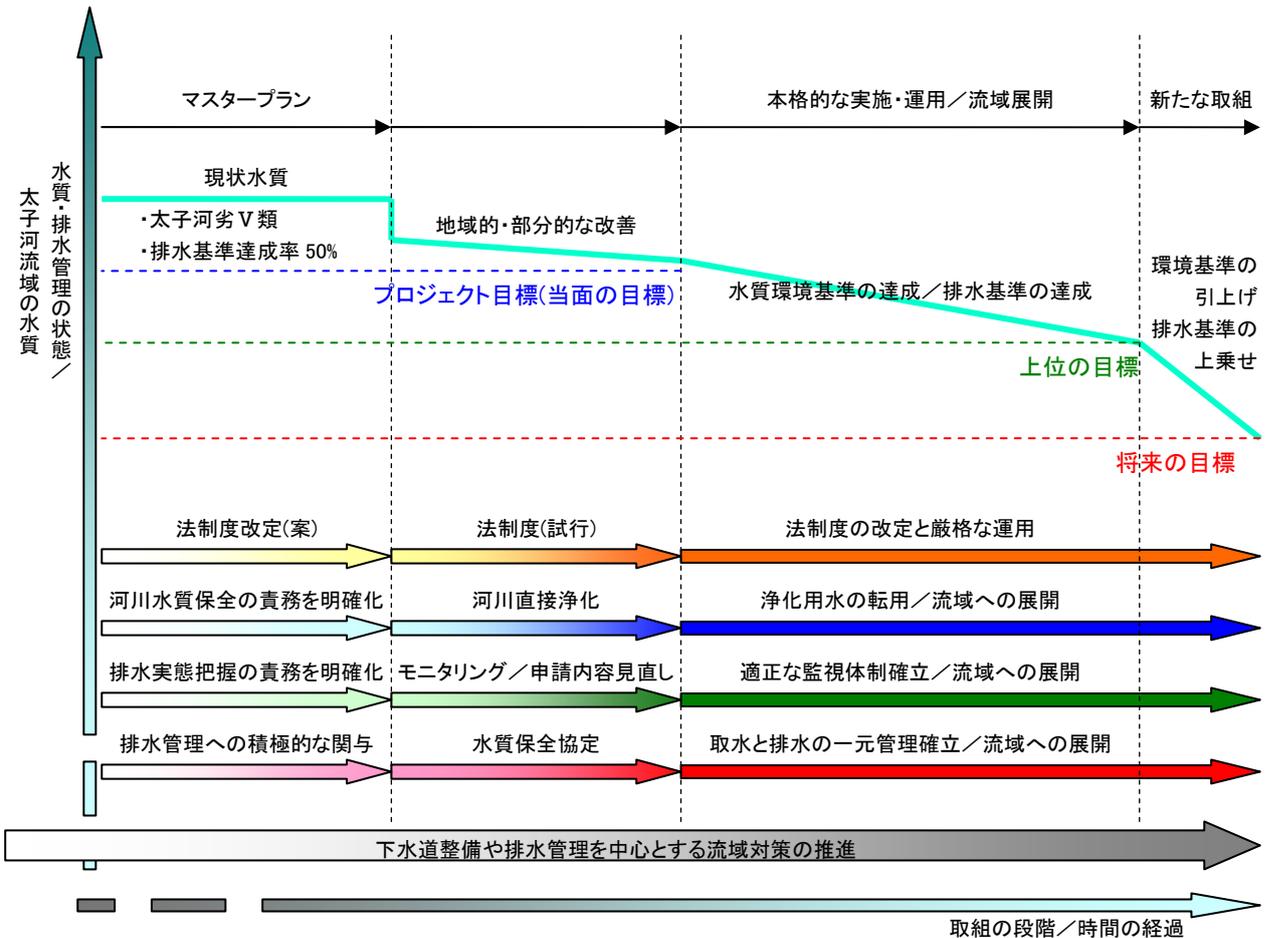


図 7.4.2 水質・排水管理に関わる段階的な取り組み