4) 調査結果

ボイラーの排ガス調査結果を表6.3.19及び表6.3.20に、スラグ及びフライアッシュ中のHg及びAs分析結果を表6.3.21に示す。また、表6.3.22には、Sajo valley地域のマスタープラン調査時の排ガス測定結果を示した。

排ガス調査結果は、概ね下記のとおりである。

a) 1993年データと比較すると、排出ガス量及び濃度に差異のあるボイラーもあるが、全体的には概ね同レベルである。

b) O_2及びCO_2濃度からみて、今回調査時点の方が、1993年当時よりも良くコントロールされた燃焼が行われている。

c) 煙道排ガス中のHgは、ほとんどが蒸気水銀であり、ダスト中にはあまり含有されていない。一方、Asでは逆に、ダスト中にそのほとんど全てが含有され、ガス状のAsは考慮する必要がない。

d) 塩化物及びふっ化物は、草案段階の大気排出基準（HCl：200mg/m^3、F：30mg/m^3）から比べて十分低い値となっている。

e) スラグ及びフライアッシュ中のHg溶出状況を比較すると、平均的には水抽出法及び2M-酸抽出法ともサンプルのタイプ間に大差はない。一方、Asについて対比すると、EPフライアッシュがスラグやエコノマイザーフライアッシュに比べて数倍多く含まれている。また、水抽出に対する2M-酸抽出法の抽出量がHgに比べて大きい。EPフライアッシュ中のAsの高濃度の原因は、石炭の燃焼過程でAsがヒューム状となり、飛散したものが冷却され、フライアッシュとともにEPで補足されるためであろう。なお、水抽出されたAs濃度は十分対策を要する濃度である。

Table 6.3.19 The Survey Result of the Exhaust Gas from Boilers

Date : 29 ~ 31, Oct., 1996 (Autumn Season)

Item		Unit	Number of Boilers		
			No.2	No.3	No.4
Gas Temp.		℃	178	187	170
Dry Exhaust Gas		m3N/h	157010	176267	177508
Comcentration of Exhaust Gas	SO2	mg/m3	3923	5454	5152
	NOx	mg/m3	370	369	334
	CO	mg/m3	22.6	23.7	24.5
	CO2	%	9.85	9.05	8.2
	O2	%	9.5	10.5	11.6
	Dust	mg/m3	43.2	187.5	104.5
	Hg (Steam)	mg/m3	0.0021	0.0020	0.0015
	Hg (Dust)	mg/m3	0.0003	0.0004	0.0003
	As (Steam)	mg/m3	<0.0004	0.0003	<0.0003
	As (Dust)	mg/m3	0.1477	0.6569	0.5040
	Cl	mg/m3	19.8	21.9	26.7
	F	mg/m3	19.9	24.6	18.1
Emission	SO2	kg/h	617	961	914
	NOx	kg/h	58.1	65.1	59.3
	CO	kg/h	3.55	4.18	4.35
	Dust	kg/h	6.78	33.0	18.6
	T-Hg	kg/h	0.00038	0.00042	0.00032
	T-As	kg/h	0.023	0.116	0.090
	Cl	kg/h	3.10	3.86	4.74
	F	kg/h	3.12	4.34	3.21

Table 6.3.20 The Survey Result of the Exhaust Gas from Boilers

Date : 20~22, Jan., 1997 (Winter Season)

Item		Unit	Number of Boilers		
			No.2	No.3	No.4
Gas Temp.		℃	168	179	167
Dry Exhaust Gas		m3N/h	132555	147914	169080
Comcentration of Exhaust Gas	SO2	mg/m3	7049	5235	4411
	NOx	mg/m3	412	401	337
	CO	mg/m3	20.2	28.5	44.5
	CO2	%	10.65	8.65	8.05
	O2	%	9.02	10.7	11.5
	Dust	mg/m3	187.1	326.5	149.5
	Hg (Steam)	mg/m3	0.0032	0.0021	0.0018
	Hg (Dust)	mg/m3	0.0004	0.0000	0.0001
	As (Steam)	mg/m3	0.016	0.0085	0.0055
	As (Dust)	mg/m3	0.3117	0.4177	0.4713
	Cl	mg/m3	6.96	25.2	11.6
	F	mg/m3	14.0	12.4	11.2
Emission	SO2	kg/h	934	774	746
	NOx	kg/h	54.6	59.3	56.9
	CO	kg/h	2.68	4.22	7.52
	Dust	kg/h	24.8	48.3	25.3
	T-Hg	kg/h	0.00048	0.00032	0.00032
	T-As	kg/h	0.043	0.063	0.081
	Cl	kg/h	0.923	3.73	1.95
	F	kg/h	1.86	1.84	1.89

Table 6.3.21 Analysis Results of Hg and As in Slug and Flyash

SAMPLE IDENTIFICATION	METHOD OF DISSOLUTION	NUMBER OF BOILERS		
		Hg [mg/l]		
		2	3	4
SLAG	WATER	0,0006	0,0005	0,0007
	ACIDIC	0,002	0,0034	0,0031
ECO FLY ASH	WATER	0,0009	0,001	0,0007
	ACIDIC	0,0013	0,0022	0,0024
EF FLY ASH	WATER	0,0009	0,0009	0,0007
	ACIDIC	0,0027	0,0022	0,0027
		As [mg/l]		
SLAG	WATER	0,018	0,014	0,024
	ACIDIC	5,65	5,8	6,9
ECO FLY ASH	WATER	0,052	0,046	0,067
	ACIDIC	6,9	8,55	9,9
EF FLY ASH	WATER	0,309	0,141	0,165
	ACIDIC	39,1	21,5	34,0

COMMENTS:

- AT EVERY CASE 10 g OF DRY SAMPLE WAS SOAKED IN 90 ml OF SOLVENT FOR 24 HOURS
- THE ACID WAS 2M NITRIC ACID
- IN CASES OF SOAKING BY WATER THE pH OF THE SAMPLE BECAME BASIC BECAUSE OF THE LIME CONTENT.

Table 6.3.22 The Result of the Exhaust Gas Measurement for The Master Plan

Item	Boiler No	No1 Boiler	No3 Boiler	No4 Boiler
Concentration of Emission Gas	SO_2 (mg/m³)	5760	6400	4520
	NO_x (mg/m³)	259	374	329
	CO (mg/m³)	31	38	75
	Dust (g/m³)	0.50	0.21	0.14
	O_2 (%)	13.5	11.6	12.6
	CO_2 (%)	5.6	7.6	6.2
Emission weight	SO_2 (kg/hr)	1400	1090	868
	NO_x (kg/hr)	62.9	63.9	63.1
	CO (kg/hr)	7.59	6.41	14.4
	Dust (kg/hr)	120	40	27
Current (m/s)		17.8	14.1	16.0
Gas Temperature (℃)		159	173	205
Dry Emission Gas (m³N/h)		243000	171000	192000
Fuel Consumption	Natural Gas (m³/hr)	1100	1500	1300
	Brown Coal (t/hr)	*36.80	*35.91	*33.78

Note :* Estimated

(2) 石炭中の重金属

Lyuko炭について、石炭中の重金属の分析を行った。

灰分中に含有されている重金属類による地下水汚染（As等）が既に顕在化していること、ハンガリー炭中には多量のAs、Hg等が含有されていることを考慮すると、灰分中の重金属等の成分分析は、環境影響評価のために必要なものである。分析では、合せて燃焼により飛散するHg、Asについても検討した。なお、Dubicsany炭については、現在まだ採掘されておらず、入手不可能なために分析できなかった。

1) 分析項目

Hg, As, Cr, Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Pb, Cd（燃焼時のガス状のHg及びAsを含む）

2) 燃焼試験の方法及び分析方法

a) 燃焼試験の方法

燃焼試験装置の燃焼管温度を800℃に常にコントロールし、磁製ボートに入れた既知量の石炭を速やかに挿入後、定流量の空気を通気しながら燃焼させた。燃焼灰は、重金属の分析用に使用した。

b) 分析方法

i) 試料溶液の調整：酸分解法により石炭灰を分解し、試料溶液を作製した。また、燃焼に使用した石炭の直接分解についても実施した。

ii) 重金属分析

原子吸光光度法によった。ただし、ガス状Hgについては、燃焼装置で800℃で石炭を燃焼させ、燃焼排ガスを直接Hg分析装置で濃度測定を行った。また、燃焼ガス中のAsについては水吸収法によりインピンジャーに捕集後、原子吸光光度法により分析した。

3) 分析結果

石炭及び石炭灰中の重金属分析結果を表6.3.23に示す。なお、ヒューム状Asは、燃焼装置の石英管等に付着し、検出限界以下(ND)であった。これら酸分解法等による分析結果からは、次のことが言える。

a) 石炭中の水銀と燃焼時の蒸気水銀との関係から、水銀のほとんどは800℃の燃焼時に蒸気として飛散することがわかる。

b) Asは、石炭及び石炭灰中のAs割合から約70%がヒューム状として飛散している。

c) Cd も燃焼による飛散割合が大きく、次いで Cu、Ni となっている。

d) 灰分中各成分データ、特に As についてみると、酸分解データとしては含有量も低く、問題となるような濃度ではない。しかし、As の大部分が燃焼により飛散していることに留意する必要がある。実際には、表6.3.21 に示したスラグ及びフライアッシュ中の Hg 及び As 分析結果（水抽出法及び 2M-酸抽出法）を参考にする必要がある。

e) 各成分の含有率は、全体に低く、灰分も Lyuko 炭としてはやや低値を示しているのでデータの取扱には留意する必要がある。

Table 6.3.23 Result of Analysis of Heavy Metals in Coal and Ash

Acid Digestion (Unit:mg/kg,Coal)

Component	Coal			Ash		
	No.2 boiler	No.3 boiler	No.4 boiler	No.2 boiler	No.3 boiler	No.4 boiler
Ash content (800℃ ashing)	32.8%	36.4%	33.6%	-	-	-
Vapor Hg	-	-	-	0.174	0.130	0.154
Hg	0.190	0.168	0.214	-	-	-
As	2.523	1.476	4.430	2.556	1.709	1.628
Cu	9.637	8.762	9.769	13.08	12.63	14.06
Zn	19.98	21.85	25.22	35.81	42.52	38.67
Pb	7.693	12.350	7.060	17.94	22.34	17.87
Cd	0.7858	0.6599	0.7632	ND	ND	ND
Cr	4.839	4.692	5.113	13.12	14.31	14.90
Mn	93.76	90.44	93.68	186.1	195.4	205.2
Fe	10588	8974	11112	16554	17490	19002
Ni	10.84	7.295	8.777	13.51	13.65	14.65

Note : Vapor Hg Analysis Data by JEAC-880 Hg MicroAnalyzer

Cd ND → <0.04

6.4 初期環境調査

調査団は、既往の環境調査結果等の資料、情報を収集・レビューし、本プロジェクトを計画し、実行していく場合における環境への影響について検討を行ってきた。

環境影響要因、環境項目の検討結果に基づき、さらに補足的な追加の資料の収集と現地実測調査を行い、環境影響の現況と本プロジェクトが引き起こすと想定される環境影響について検討した。

初期環境調査における重要環境項目の選定結果は、表 6.4.1 に示すとおりである。

(1) 社会環境

ボルショド発電所は、Kazincbarcika 、Sajoszentpeter、Mucsony 、Berente の工場と住宅地の混在する中に位置している。発電所の北側約 1,500 m の地点には、広大なスラッジ置き場があり、付近には農耕地、原野、放牧地、牧場等が広がっている。このような立地条件に位置するボルショド発電所が、古くから指定された工業地域に先行立地していることを加味すると、既存ボイラーの改善及びボイラーの新設が、社会環境に新たに与える影響は、工事中における交通への影響について配慮する必要のある他は、軽微なものとして取扱うことができる。交通への影響については、幹線道路である 26 号線からの発電所への入路に踏切があり、一度遮断されると 10 分以上通行できない場合もあり、発電所へのアクセス道路について検討しておく必要がある。

(2) 自然環境

自然環境については、貴重な生物・生態系、地形・土壌、水文・水質、大気を主体に環境影響について調査する必要がある。

1) 貴重種・固有動植物

この地域は、自然保護区やラムサール条約に関連した地域ではない。もはや発電所近傍には特別な貴重種・固有動植物は存在しない。

2) 植　生

発電所は、古くから設置され、S 分含有率の高いボルショド炭を燃料に使用し、特別な脱硫装置を設置することもなく今日まで煙道排ガスを排出しており、付近植生に対しては継続的に影響を与えてきている。また、スラッジ貯蔵場からは、強風時に石炭灰が飛散し、地域環境に影響を与えている。町と工業プラントの周辺には農耕地が広がり、町を囲む傾斜地にはブドウ畑、果樹園、家庭菜園、森林があり、風向によっては高濃度の SO_2 の影響を受けているものと思われる。発電所の南西側及び北側の遠く離れた地域には、Bukk-Eger 及び Aggtelek-Josvafo という国立公園があり、気象条件によっては影響を与える可能性がある。また、地下水・土壌の酸性化が進行していることについても、留意しておく必要がある。

表6.4.1　初期環境調査における重要環境項目の選定

環境項目		原　因	現況・環境影響と評価	判定	判定根拠	留意事項
社会環境		発電所の再建	工場地帯に立地のため容認される	×	古くから指定された工業地帯に先行立地しており社会環境に与える影響は軽微	工事中における交通の影響に配慮
自然環境	貴重種・固有動物	煙道排出ガス	大気汚染の影響を受けている	×	特別な貴重種・固有動物はもはや付近に存在しない	—
	植生	煙道排出ガス スラッジ貯蔵場	影響を受けており対策が必要	△	工場開発、排気ガスによる植物・生物の不毛化 温排水イオン類による影響	国立公園自然保護地域にも配慮
	地下水汚染	スラッジ貯蔵所 廃水貯留池	地下水汚染が進行中	○	水道水源への影響防止が必要	住民利用の井戸にも配慮 他の汚染源にも留意
	水域の流況・水位変化	Sajo 川の水を冷却用水に利用	河川植生に影響を与えている	△	対策を行う以外に環境影響はなくならない 対策は可能	—
	水域の水温変化	〃	温排水により河川植生に影響を与えている	△	〃	—
	大気汚染	煙道排出ガス スラッジ貯蔵場	As, SO2, NOx, SPM の環境影響が顕在化	○	環境影響を回避するための対策案の提示が必要	検討では蒸気水銀にも留意
	水質汚濁	雨水配水管、スラッジ貯蔵場からの漏出水	Sajo 川の水質汚濁の原因となっているが軽微	△	雨水配水管の排水に改善を必要とする物がある 漏出水はスラッジ貯蔵場対策で対応	—
	土壌汚染	煙道ダストとスラッジの貯蔵場の灰の飛散	As の汚染地域がある	○	汚染防止対策案の提示が必要	発電所以外の汚染源による重金属汚染にも配慮
	騒音	施設からの騒音 工事騒音	現在制限値を超えていない	×	騒音防止に配慮することで対応可能	作業環境についても配慮
	振動	施設からの振動 工事振動	〃	×	振動防止に配慮する事で対応可能	特に建設時に配慮
	悪臭	石炭燃焼	発電所が原因の悪臭はあまり問題となっていない	×	特に対策する必要はない	—

(備考)　○：詳細な環境影響調査と対策代替案の提示が必要
△：環境配慮の視点から影響の緩和策等を検討する必要がある
×：配慮する必要はあるが、環境への影響は軽微

一方、Sajo川の水質は、流域の工業活動の停滞及び環境への配慮の重要性の認識により、一時期に比べて著しく改善されていることは、調査団の現地調査においても確認しているが、温排水の影響が継続しており、特にSajo川の水位が低い夏場には、河川の植生に影響を与えている。

以上のことから、下記のような環境影響に対する軽減対策を行う必要がある。

a) 大気汚染の影響については、排出基準だけではなく、環境基準をクリアするような対策が必要であり、現在考えられている既設ボイラーの燃料転換や脱硫装置の設置、新設ボイラーをCFBCとする等で対応可能である。

b) 温排水対策としては、発電所側が計画している冷却水の再循環利用が必要である。

c) 土壌・地下水の酸性化については、酸性雨及び酸性ガスの影響が考えられるが、そのメカニズムを究明し、必要であれば何らかの対策を講じる必要がある。

d) スラッジ貯蔵場からの灰の飛散防止対策としては、覆土・植栽工（草木、樹木）等、何らかの対策が必要である。

3) 地下水汚染

地下水汚染は、As及びCl^-、SO_4^{2-}等のイオン類について、既に顕在化している。Borsodszirakの水道水源や農用地を保護するためには、まず、汚染項目別に汚染分布の状況を把握し、同時に汚染源を特定し、発生源及び現在汚染されている地域に対する対策が必要となる。汚染原因は、スラッジ貯蔵場やスタンパイ貯蔵場の池等の発電所施設の他、Borsodchem Co.等の廃棄物貯蔵場が主体である。

対策手法としては、現在ボルショド発電所が検討を行っているシックスラッジシステムや不透水シートによる工法、各種遮水工やこれらの組合せが考えられる。なお、ボルショド発電所施設からの重金属による地下水汚染は、Asのみに限定される。

地下水汚染については、環境影響の調査、予測評価を行い、環境影響を回避軽減するための対策案を提示する必要がある。

4) 水域の流況・水位変化

Sajo川の水位は、1951～1992年までをみると、次のとおりである。

瞬間値の最低水位	:	122.22 mBf	40 cm	(1952年 8月16日)
〃 最高水位	:	125.12 mBf	330 cm	(1974年10月22日)
月平均値の最低水位	:	122.26 mBf	44 cm	(1952年)
〃 最高水位	:	124.02 mBf	220 cm	(1976年)

1968～1977 年までの平均水流量	:	37.3 m^3/s
1996 年の水流量	:	27.8 m^3/s

Sajo 川の水位レベルの 1951～1992 年における 1ケ月平均値の出現頻度は、図 6.4.1 に示すとおりである。また、ボルショド発電所の最近の Sajo 川からの年間取水量は、下記に示すとおりであり、減少安定傾向にある。

1990 年	118,870,800
1991 年	111,609,000
1992 年	92,390,400
1993 年	56,931,600
1994 年	54,643,800
1995 年	54,982,800

Sajo 川の水は主に冷却用水に使われているが、低水位時には、温排水とともに、さらなる低水位化により大きな影響を与えている。したがって、発電所が現在計画しているとおり、温排水と水位変化防止対策としての冷却水の再循環利用を実行する必要がある。計画が実行された場合の Sajo 川からの計画平均取水量は、2,312 m^3/h (Max. 2,662 m^3/h) であり、温排水及び水位変化による環境影響は大幅に軽減されることになる。

5) 水域の水温変化

温排水による Sajo 川の水温上昇による水中生態系への影響は、低水位時に特に顕在化している。現状では、夏期の低水位時には、Sajo 川のほとんどの水がボルショド発電所で使われるので、7 月と 8 月の Sajo 川の温度は 25℃から 33℃に上昇する。このことから、温排水対策を実施する必要があり、発電所で計画している閉鎖系湿式冷却塔の設置による冷却水の再循環利用により解決することができる。

6) 大気汚染

ボルショド発電所施設からの大気汚染としては、SO_2、NOx、SPM (SPM 中の As を含む) 、蒸気水銀などが考えられ、特に煙道排出ガス中の SO_2、スラッジ貯蔵場からの石炭灰の飛散による地域への環境影響が顕在化している。

SO_2は、30 分間値、日平均値で環境基準値をオーバーしており、NO_2、NOx についても同様である。また、スラッジ貯蔵場からは、強風時に多量の石炭灰が農地や付近民家に飛散しており、大きな問題となっている。これらについては、煙道排出ガス低減対策、石炭灰の再飛散防止対策等について調査、検討し、環境影響を回避するための対策を提示する必要がある。

発電所の大気汚染対策としては表 6.4.2 に示すものがある。しかしこれらの対策であっても、その手法によって効果の異なる場合もあり、また、それぞれに特徴があるので、適用性を総合的に検討する必要がある。

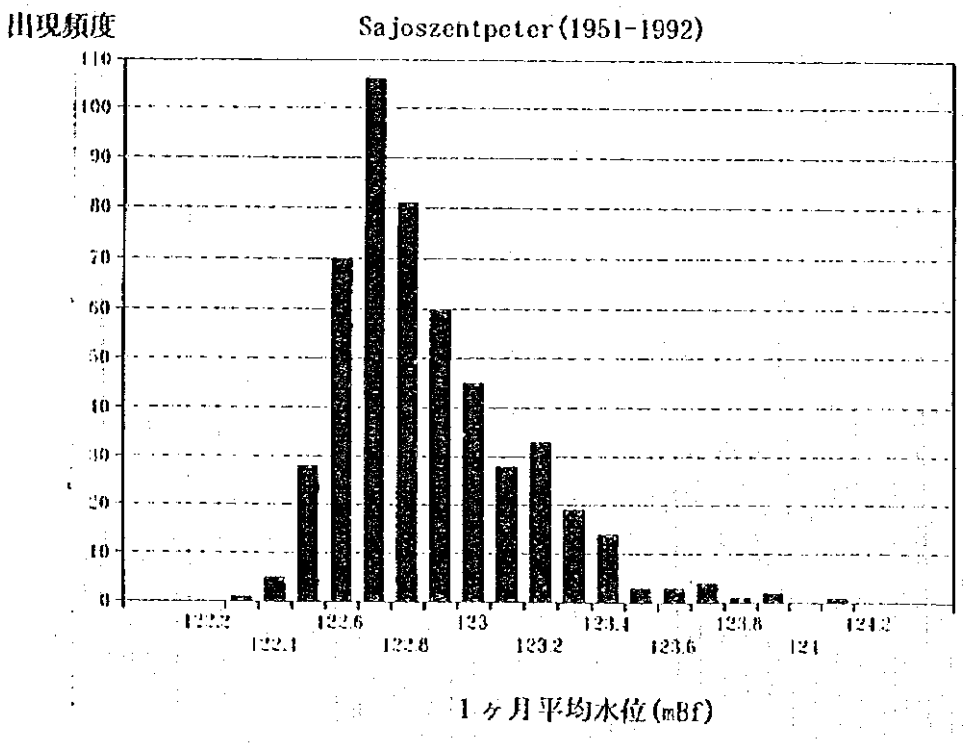


Figure 6.4.1 Appearance Frequency of Monthly Water Level of Sajo River

表6.4.2　発電所における大気保全対策とその効果

対策			SO_2	NOx	CO	DUST	排出ガス中重金属	石灰利用率*7	発電効率	備考
流動床	常圧	CFBC	○	○	×	*1	*1	○		灰の処理問題
		BFBC	○	○	×	*1	*1	△		灰の処理問題
		IFBC	○	○	×	*1	*1	○		灰の処理問題
		HFBC	△	○	×	*1	*1	○		灰の処理問題
	加圧	PFBC	○	◎	○	*1	*1	◎	○	灰の処理問題
ガス		ACC	◎	△	○	◎	◎		◎	価格が高い
排煙脱硫装置	半乾式	GSA	◎*2	△		*1	◎*3	◎		石炭燃料では灰処理
		ｽﾌﾟﾚｰﾄﾞﾗｲﾔ	○	△		*1	○	○		石炭燃料では灰処理
	乾式		◎ ○*4	△		*1	*1	○*5		石炭燃料では灰処理
	湿式		◎	○		*1	○	◎		廃水の処理問題
液体燃料			*6	△	○	○	○	*4		
天然ガス			◎	○	◎	◎	◎			クリーンエネルギー

(注) 凡例　◎：非常に良い　○：良い　△：効果が認められる
×：特に効果はない　無印：直接関係がない
*1　集じん装置の性能による
*2　集じん装置の性能により脱硫率はさらに向上
*3　ガス状又はヒューム状（Hg, As等）の金属の除去も可能
*4　装置の種類によって性能が変わる　*5　石灰を使用しないものは関係ない。
*6　液体燃料の硫黄分願流量により排煙脱硫装置が必要
*7　石灰利用率は、石炭中S分含有により大きく変わる

7) 水質汚濁

Sajo川の水質汚濁は、過去の水質汚濁時に比べると現在著しく水質は改善されていることは、6.3 項「環境の現状」で述べたとおりである。

ボルショド発電所施設からのSajo川に対する水質汚濁については、スラッジ貯蔵場からの漏出水と雨水排水管からのSajo川への排出水がある。スラッジ貯蔵場からの漏出水は、pH や塩分、As などが、法令で規定されているカテゴリーⅢの制限値をしばしばオーバーしている。なお、施設から雨水排水管を通ってSajo川に流れ込む水質については、ガレージと洗車のオイルトラップピットの水質の改善が必要（発電所が行った予備調査報告書）である。

8) 土壌汚染

土壌汚染については、調査団の実測した発電所近傍 22 地点の分析データからみると、As のみが制限値を越えている。その他の重金属については、制限値を越えたものは見当らなかった。資料収集した「Sajo valley 地域の環境汚染調査報告書（1994）」によれば、Cd や Hg、Pb についても汚染された地域が確認されているが、検出地点の位置から考慮すると、発電所以外の影響と考えられる。

土壌の As 汚染の発生源は、石炭の燃焼に伴うものであり、発生量からみてそのほとんどは発電所施設からのものと言える。

このように、発電所からの土壌汚染については、発電所施設近傍で As による汚染が顕在化していることから、環境影響を回避するための対策が必要である。対策としては、煙道ダストの排出を低減させることやスラッジ貯蔵場からの石炭灰の飛散の防止対策が考えられる。その他、建設工事中における残土、廃棄物からの大気、土壌、水質汚濁防止対策を検討する必要がある。

9) 騒音・振動

a) 騒　音

ボルショド発電所が行ったボルショド発電所再建・新設のための「予備環境調査」によれば、発電所周辺の騒音は環境基準を満足している。EKF は、法令 No.16.632-2/1993 において、騒音発生から保護されるべき建物を考慮して、ボルショド発電所の騒音発生許容制限値を定めている。

測定地点での騒音レベルと騒音制限値は、6.3 項「環境の現状」に示したとおりである。

また、新しいプロジェクトの場合、作業環境について２つの基準が決められている。

・ 騒音発生源（装置）からの騒音レベル
・ 作業環境中での許容音圧レベル

ハンガリー基準 MSA 1815/2-83 によれば、次のように規定されている。

・ 音圧レベル	A。	:	L Aeq	=	85dB(A)
・ 最大音圧レベル	A。	:	L AL	=	125dB(A)

よって、装置納入メーカーに対しては、ハンガリー基準に準拠する要件を指定する必要がある。また、新しい装置の発生源からの環境騒音については、環境保護基準が守られるような防音装置、設備を用意する必要がある。主たる環境騒音発生源としては、ボイラー、タービン、変圧器、石炭ヤードのコンベヤ、転送装置、積み込み装置などである。

結論としては、適切な騒音防止対策の実施により、環境及び作業環境騒音は回避できると考えられる。建設工事中の騒音についても、十分な騒音防止対策を図る必要がある。

b) 振 動

振動については、現況及びボイラー増設後も、付近環境に対する振動公害は起らないものと考えられる。振動について問題となるのは、建設工事についてであり、作業車を含めて付近住民に対する振動軽減対策を十分に行うことにより、回避できるものと思われる。

10) 悪 臭

付近が工業地帯であること、民家の一部で暖房用に石炭を使用していることもあり、現状においては、ボルショド発電所からの悪臭についてはあまり問題とされていない。調査団も発電所が原因の悪臭は現地で確認していない。よって、新設ボイラーの稼動によっても悪臭は軽微と考えられる。なお、工事中の影響はないものと思われる。

6.5 環境影響評価

6.5.1 環境大気

環境影響評価の対象範囲は、本プロジェクトの実施が大気質に影響を及ぼすと予想される地域並びに影響の内容及び程度を対象とした。評価項目は、煙道排出ガス中のSO_2及びNOxである。予測解析は、次の4ケースについて行った。

- プルームモデルによる短期濃度予測（予備解析）
- 長期平均SO_2濃度のシミュレーションモデルによる予測
- スタグネーション（無風沈滞型高濃度時）のモデリング
- ダウンウォッシュの分析

(1) プルームモデルによる短期濃度予測

プルーム拡散式を用いて、ボルショド発電所から排出されるSO_2及びNOxについて、風下側主軸上の地上濃度を計算した。予測計算では、評価時間を30分とし、ボルショド発電所の排出条件別、気象条件別に検討した。環境大気への寄与はボルショド発電所からのみとし、他の発生源は考慮しないこととした。

1) 拡散計算のための煙道データ

公称負荷（全負荷）の場合について、以下のように設定した。

a) 150 MW（新設 480 t/h ボイラー）

- 排ガス量 ： 518,400 Nm^3/h （フル稼動）
- 煙道排ガス温度： 150 ℃
- 煙突高さ ： 125 m （1本）
- 煙突内径 ： ϕ 4 m
- 排出ガスデータ： NOx ≦ 200 mg/m^3 (104 kg/h)
  SO_2 ≦ 400 mg/m^3 (207 kg/h)

b) 既設4基のボイラー（100 t/h ボイラー）

- 排ガス量 ： 532,800 Nm^3/h （フル稼動）
- 煙道排ガス温度： 150 ℃
- 煙突高さ ： 101 m （2本……ボイラー 2基× 2本）
- 煙突内径 ： ϕ 4 m

・ 排出ガスデータ： i) 石炭の場合

NOx ≦ 320 kg/h

SO_2 ≦2910 kg/h (5462 mg/Nm³)国内炭（60%除去率）

1382 kg/h (2594 mg/Nm³)輸入炭

ii) Oil の場合

- 排ガス量：450,000 Nm³/h （フル稼動）
- 排ガスデータ：NOx ≦ 350 mg/m³ (1575 kg/h)

SO_2 ≦1700 mg/m³ (765 kg/h)

iii) 天然ガスの場合

- 排ガス量：450,000 Nm³/h （フル稼動）
- 排ガスデータ：NOx ≦ 200 mg/m³ (90 kg/h)

SO_2 ≦ 35 mg/m³ (15.8 kg/h)

2) 計算ケース

a) ボイラー条件

- 100%負荷
- 75%負荷

b) 燃料条件

1)に示すとおり

c) 気象条件

- パスキル大気安定度階級： Unstable (A～C), Neutral (D)

風速階級： 1, 3, 5, 7, 9 m/s

3) プルーム拡散計算

a) 有効煙突高さ

有効煙突高さは、次式によって算出する。

$$He = Ho + \Delta H$$

ここに、 He ：有効煙突高さ (m)

Ho ：実煙突高さ (m)

ΔH ：上昇高さ (m)

有風時の場合（風速 1m/s を越える場合）については、CONCAWEの式によって ΔHを算出する。

$$\Delta H = 0.175 \cdot Q_H^{\frac{1}{2}} / u^{\frac{3}{4}}$$

ここに、 u ：煙突頂部における風速 (m/s)

Q_H ：排出熱量 (cal/s)

$$Q_H = \rho \cdot Cp \cdot Q \cdot T$$

ρ ：煙道排ガスの比重（ 0℃）＝1.293 ×10³[g/m³]

Cp ：排ガスの定圧比熱＝0.24 [cal/K·g]

Q ：排出ガス量 (Nm³/s)

T ：煙道排ガス (Tc) と大気濃度との温度差＝Tc－10 [℃]

b) 拡散計算式

拡散計算には、プルーム式を用いる。有風時（風速 1 m/s を越える場合）次の式を用いる。

$$c(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)\left[\exp\left\{-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right\}\right]$$

ここで、C(x,y,z) ： (x,y,z) 地点における濃度 (mg/m³)

Q ： 点煙源の排出量 (mg/s)

u ： 平均風速 (m/s)

He ： 排出源の有効高さ (m)

σ_y, σ_z ： 水平(y) 、鉛直(z) 方向の拡散幅

x ： 風向に沿った風下距離 (m)

y ： x 軸に直角な水平距離 (m)

z ： x 軸に直角な鉛直距離 (m)

c) 拡散幅の推定

拡散幅の推定は、パスキル (Pasquill) の方法によった。なお、水平拡散幅は、評価時間 (30 分値) に合せて平均化時間 30 分とした。また、対象地域が平坦地であり、市街地などへ適用する場合のような修正は必要ないものとした。

4) 計算結果

燃料条件別、大気安定度別及び風速階級別の地上最高濃度の計算値を表6.5.1に、燃料別の主軸上 SO_2 、NOx 濃度減衰を図 6.5.1 に示す。計算結果から、ボルショド発電所の寄与のみで環境保護基準Ⅱを越えるケースは、下記のとおりである。

環境保護基準Ⅱ（３０分間値）

SO_2 ： 0.40 mg/m³（150ppb）
NOx ： 0.40 mg/m³（209ppb）

<SO_2>
a) 大気安定度A，風速1m/s：Case1, 2, 4
b) 大気安定度B，風速1m/s：Case 1

<NOx>
大気安定度A、風速1 m/s であってもNOx濃度0.116 mg/m³であり、環境保護基準を越えていない。

以上のように、それぞれの使用燃料に応じた SO_2 の排出基準をクリアしたとしても、環境基準を越えるケースがある。実際には、バックグランド濃度が加算されるので、さらに濃度は高くなる。環境保護の観点からは、ボルショド発電所の開発にあたっては排出基準をクリアするのみでは不十分で、より厳しく排出を削減するような対策が求められる。

(2) 長期平均SO_2濃度のシミュレーションモデルによる予測

1) 予測のためのモデル原案の作成

1992～1994年に行われたSajo valley地域大気汚染対策計画調査(M/P 調査)において使用したモデルを基本とするが、さらに適切なモデルを決定するため、既存のデータ、情報、将来計画について検討した。当地域は、フラットな地勢に位置するため、計算点での濃度は、プルームモデルを使用して評価した。

a) 発生源条件

i) 固定発生源

ボルショド発電所から半径 20 km エリアにおける主要な固定発生源の大気汚染物質排出量を1993年と1995年について比較し、表 6.5.2 に示す。これらデータは、企業の自己申告を集計したものである。表からも判るとおり、SO_2 の発生量のほとんどはボルショド発電所（全発生量の約 95 %）であり、他の主要な固定発生源の排出量は小さい。

Table 6.5.1 Calculated Maximum Ground Level Concentration by Fuel kind, Atmospheric Stability and Wind Speed

Case	Boiler Condition	New (150MW) (H= 125 m)	Existing (H= 101 m)	No.	Atmospheric Stability (Pasquil)	Wind Speed (m/s)	SO2 Max. Concentration (mg/Nm3)	SO2 Max. Concentration (ppb)	SO2 Distance from the Source(km)	NOx Max. Concentration (mg/Nm3)	NOx Max. Concentration (ppb)	NOx Distance from the Source(km)
1	Full Operation	Exhaust gas = 518400 Nm3/h SO2 = 400 mg/m3 NOx = 200 mg/m3	Domestic Coal Exhaust gas = 532800 Nm3/h SO2 = 5462 mg/m3 NOx = 600 mg/m3	1	A	1	0.915	344.0	0.9	0.117	61.0	0.9
				2	B	1	0.471	177.0	3.0	0.059	31.0	3.0
				3	C	1	0.330	124.0	6.1	0.042	22.0	6.1
				4	C	3	0.338	127.0	3.1	0.044	23.0	3.1
				5	C	5	0.290	109.0	2.1	0.034	18.0	2.4
				6	C	7	0.274	103.0	2.1	0.032	17.0	2.1
				7	C	9	0.247	93.0	2.1	0.031	16.0	2.1
				8	D	5	0.133	50.0	8.3	0.016	8.6	8.3
2	Full Operation	Exhaust gas = 518400 Nm3/h SO2 = 400 mg/m3 NOx = 200 mg/m3	Mixture Coal Exhaust gas = 532800 Nm3/h SO2 = 2594 mg/m3 NOx = 600 mg/m3	9	A	1	0.455	171.0	0.9	0.117	61.0	0.9
				10	B	1	0.234	88.0	2.9	0.059	31.0	3.0
				11	C	5	0.144	54.0	2.2	0.034	18.0	2.4
				12	D	5	0.067	25.0	8.3	0.016	8.6	8.3
3	Full Operation	Exhaust gas = 518400 Nm3/h SO2 = 400 mg/m3 NOx = 200 mg/m3	Oil Exhaust gas = 450000 Nm3/h SO2 = 1700 mg/m3 NOx = 350 mg/m3	13	A	1	0.279	105.0	0.9	0.073	38.0	0.9
				14	B	1	0.149	56.0	2.7	0.036	19.0	3.0
				15	C	5	0.096	36.0	2.2	0.021	11.0	2.4
				16	D	5	0.043	16.0	8.3	0.010	5.1	8.3
4	75% Operation	Desulfurization 85 % Exhaust gas = 388800 Nm3/h SO2 = 1155 mg/m3 NOx = 200 mg/m3	Mixture Coal Exhaust gas = 399600 Nm3/h SO2 = 2594 mg/m3 NOx = 600 mg/m3	17	A	1	0.444	167.0	0.9	0.097	51.0	0.9
				18	B	1	0.234	88.0	2.8	0.052	27.0	2.8
				19	C	5	0.141	53.0	2.2	0.031	16.0	2.1
				20	D	5	0.067	25.0	8.1	0.014	7.5	8.0
5	75% Operation	Exhaust gas = 388800 Nm3/h SO2 = 400 mg/m3 NOx = 200 mg/m3	Mixture Coal Exhaust gas = 399600 Nm3/h SO2 = 2594 mg/m3 NOx = 600 mg/m3	21	A	1	0.380	143.0	0.8	0.097	51.0	0.9
				22	B	1	0.202	76.0	2.5	0.052	27.0	2.8
				23	C	1	0.149	56.0	5.7	0.036	19.0	5.8
				24	C	3	0.144	54.0	3.0	0.036	19.0	3.1
				25	C	5	0.125	47.0	2.2	0.031	16.0	2.1
				26	C	7	0.114	43.0	2.1	0.029	15.0	2.1
				27	C	9	0.098	37.0	2.1	0.025	13.0	2.1
				28	D	5	0.056	21.0	8.1	0.014	7.5	8.0
6	75% Operation	Exhaust gas = 388800 Nm3/h SO2 = 400 mg/m3 NOx = 200 mg/m3	Oil Exhaust gas = 337500 Nm3/h SO2 = 1700 mg/m3 NOx = 350 mg/m3	29	A	1	0.245	92.0	0.8	0.059	31.0	0.9
				30	B	1	0.133	50.0	2.3	0.031	16.0	2.5
				31	C	5	0.085	32.0	2.2	0.019	10.0	2.2
				32	D	5	0.040	15.0	8.1	0.009	4.8	8.1
7	75% Operation	Exhaust gas = 388800 Nm3/h SO2 = 400 mg/m3 NOx = 200 mg/m3	Gas Exhaust gas = 337500 Nm3/h SO2 = 35 mg/m3 NOx = 200 mg/m3	33	A	1	0.040	15.0	1.0	0.042	22.0	0.9
				34	B	1	0.021	8.0	3.1	0.021	11.0	2.8
				35	C	1	0.014	5.1	6.5	0.016	8.4	6.1
				36	C	3	0.013	5.0	3.2	0.016	8.3	3.1
				37	C	5	0.012	4.4	3.1	0.013	6.9	2.4
				38	C	7	0.010	3.8	2.6	0.012	6.4	2.1
				39	C	9	0.009	3.5	2.2	0.011	5.8	2.1
				40	D	5	0.005	1.8	9.0	0.006	3.2	8.1

(Atmospheric Stability : A, Wind Speed : 1.0 m/s)

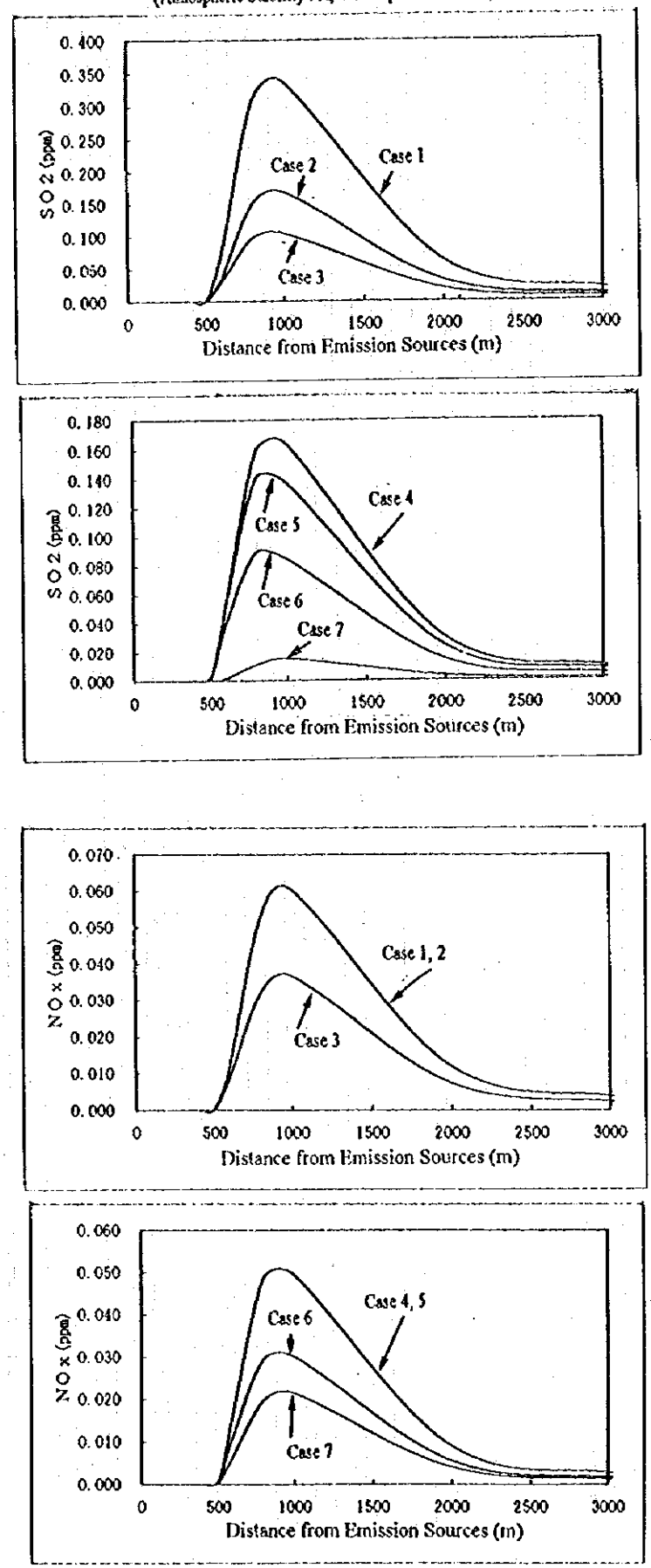
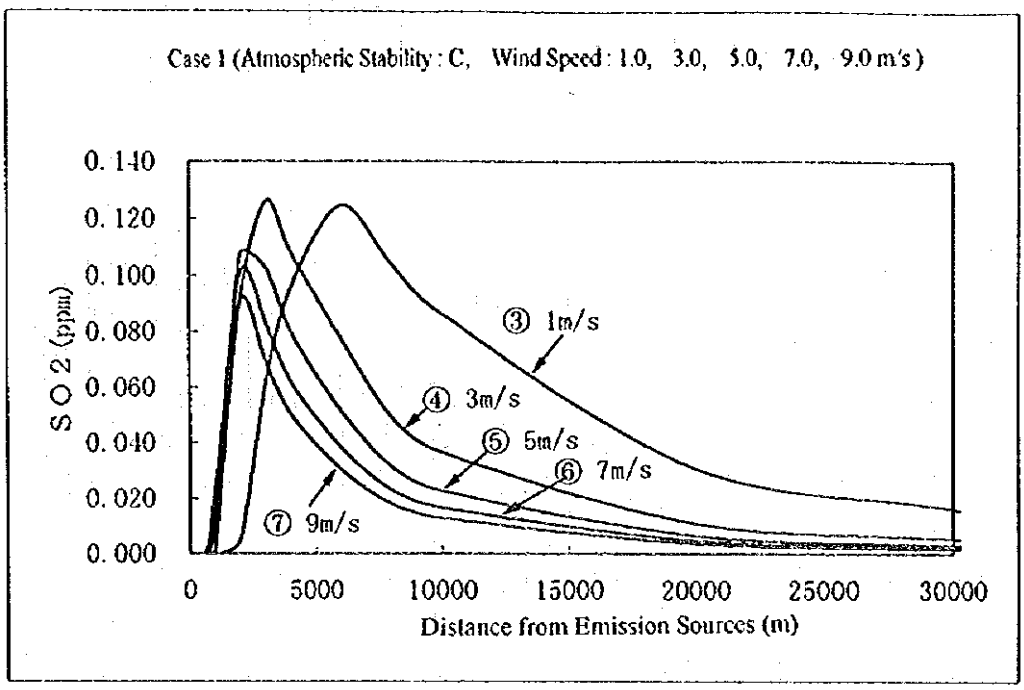


Figure 6.5.1 (1) Attenuation of SO_2 and NOx Concentration on Principal Axis by Fuel Kind (Atmospheric stability: A)

Full Operation, New Boiler : Fixed Condition, Existing Boiler : Domestic Coal Combustion



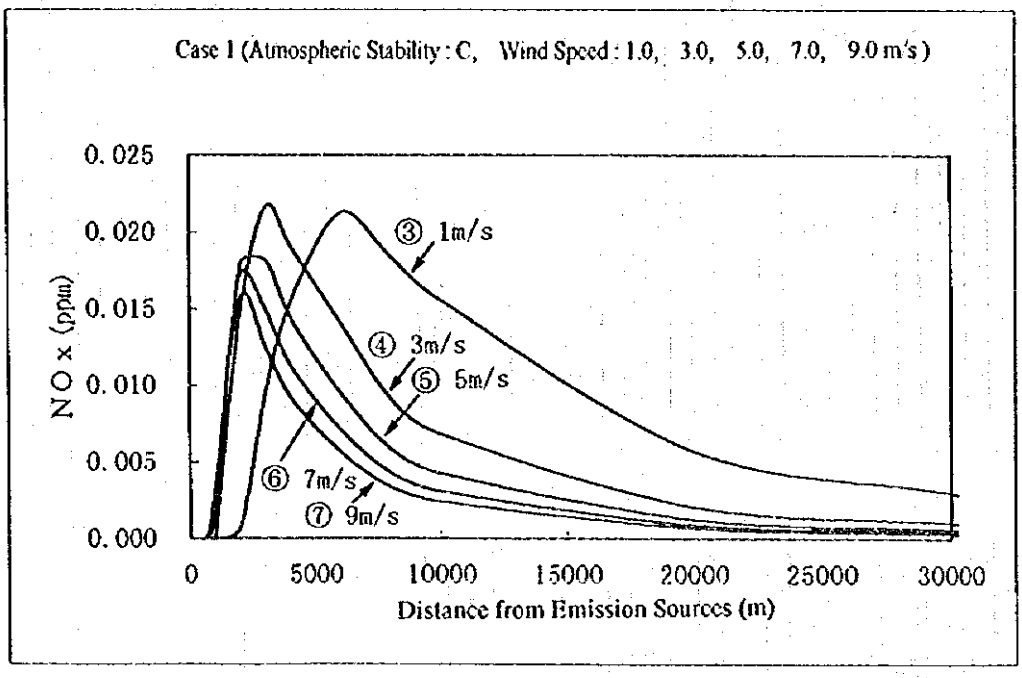


Figure 6.5.1(2) Attenuation of SO_2 and NOx Concentration on Principal Axis by Fuel Kind (Atmospheric Stability : C)

Table 6.5.2 Comparison of Annual Amount of Air Pollutant to Emitted

(Unit: kg/year)

Plant Name	Pollutant Materials	1993				1995			
		N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
BORSODCHEM RT.	NOx (NO2)	3730	3773	1734	3815	1728	1621	1285	1766
	DUST	8986	10292	7616	8985	7336	7806	6625	7516
BORSODIHERMU *	SO2	9814393	3984671	3586201	6468420	9364922	6413347	4059615	9088509
	NOx (NO2)	200594	115809	96951	158531	645595	442546	279925	626549
	DUST	462802	229266	198230	390139	496845	334840	199915	428125
YTONG BORSOD FALAZOELEMGYARA	DUST	812	2007	1909	1130	1767	2041	2101	1817
ESZAKMAGYARORSZAGI VEGYIMUVEK	SO2	0	0	0	0	0	0	22877	91317
	NOx (NO2)	0	0	0	0	0	0	4091	16102
	DUST	0	0	0	0	0	0	1244	4950
INTERMED KFT.	SO2	117	192	68	17	0	0	0	0
	NOx (NO2)	0	50	50	0	0	0	0	0
	DUST	176	144	209	106	0	0	0	0
PORAN POLIURETAN GYARTO ES ERTEKESITO KFT.	NOx (NO2)	0	0	0	0	0	0	0	0
SAGROCHEM KFT.	SO2	0	99259	146448	104141	0	0	0	0
	NOx (NO2)	31	7970	11743	8289	0	0	0	0
	DUST	27	2396	3544	2523	0	0	0	0
KOHASZATI BETETEL KESZIT KFT.	SO2	243750	139191	244440	259791	257760	215450	177480	237153
	NOx (NO2)	138475	76619	137744	132725	35825	29460	24484	30960
	DUST	469796	260540	468126	451066	508770	428416	349468	461841
KOZUZEMI SZOLGALTATO INTEZMENY, MORA FERENC U. 30. SZ. KAZANHAZ	NOx (NO2)	0	0	0	0	130	32	22	119
KOZUZEMI SZOLGALTATO INTEZMENY, 24. SZ. KAZANHAZ	NOx (NO2)	0	0	0	0	151	57	22	108
KOZUZEMI SZOLGALTATO INTEZMENY, KOSSUTH UTI KAZANHAZ	NOx (NO2)	0	0	0	0	130	50	14	67
KOZUZEMI SZOLGALTATO INTEZMENY, PET FIU, 6. SZ. ALATTI KAZANHAZ	NOx (NO2)	0	0	0	0	130	54	42	97
PANNONGLAS IPARI RT. SAJOSZENTPETERI UVEGGYAR	NOx (NO2)	78196	101572	116262	112972	74643	79805	116299	116322
	DUST	17216	20696	25962	26906	19543	23686	33126	32886
ESZAKMAGYAR TEGLAIPARI RT. PUTNOKI TEGLAGYAR	SO2	16759	93276	94301	95626	26133	93290	94315	94315
	NOx (NO2)	1526	8951	9049	9132	2524	9009	9108	9108
	DUST	1463	3036	3069	3621	1046	3756	3798	3798
Note: N1 : January ～ March N3 : July～September N2 : April ～ June N4 : October ～December	TOTAL (*ボルショド発電所のデータは除く)	SO2 : 1537376 NOx (NO2) : 964408 DUST : 1802359				SO2 : 1310090 NOx (NO2) : 565365 DUST : 1913337			

SO_2排出量を1993年と1995年で比較すると、年間排出量は、ボルショド発電所では増加しているものの、他の主要固定発生源の合計排出量では大きな変化はみられない。

一方、NOx については、発電所が大幅な増加の反面、他の主要発生源の合計排出量は大幅な減少を示している。ただし、データの中には、Kohaszati Betetel Keszit KFT のように、SO_2及びDust濃度レベルがほぼ同じであるにもかかわらず、NOx 排出量が2割弱～4割弱まで減少しているようなデータもあり、そのままNOx 排出量の変化としてシミュレーションに使用することはできない。ボルショド発電所を除く主要固定発生源のSO_2、Dust の年間合計排出量の経年変化に大差のないこと及びデータが企業からの自己申告であることを勘案して、SO_2 、NOx の現況排出量は、1993年当時と同等として取扱うこととする。

なお、拡散計算のためのボルショド発電所の煙道データは、(1)「プルームモデルによる短期予測」に示したとおりである。

ii) 自動車

自動車からの発生負荷量の現況を把握するためには、車種別の排出原単位、走行台数等を把握する必要がある。そこで、ハンガリー国内ボルショド県 Sajo valley 地域の自動車に関する資料を収集・整理した。

調査地域の既設自動車調査地点と道路網を図 6.5.2 に、車種別の交通量の経年変化を表6.5.3 及び図6.5.3 に、1995年の調査地点別の交通量を表6.5.4 及び図6.5.4 に示す。また、ボルショド県の車名別の登録台数と平均車令の経年変化を表 6.5.5 に、ハンガリー国内の車種別の車令分布を表6.5.6 に示す。

調査結果を取りまとめると、概ね次のことが言える。

- Sajo valley 地域の国道では、1990年に比べて1995年はトラックの減少がみられるが、合計交通量はほぼ同程度の走行台数である（図6.5.2 及び表6.5.3）。

b) Dacia 、Lada、Trabant 、Skoda といったNOx 排出係数の大きいタイプの車種の登録台数が減少し、Audi、Opel、Mazda といった排出係数の小さいヨーロッパ、日本車等が増加する傾向がみられ、全登録台数は増加傾向にある（表6.5.5）。

c) ハンガリー国内の車種別車令分布によると、1990年に比べて各車種とも高令化してきている（表6.5.6）。

以上のような傾向があるが、旧型車は登録台数の割に走行台数は減少し、新型車の走行割合が増加してきており、その面ではNOx 、COの排出量は減少傾向にある。一方、ハンガリー

においても小型貨物車のディーゼル化が近年急進行してきており、全体の排出量自体はあまり変化していないというのが、交通管理局や交通化学研究所等、ハンガリー関係者の意見であり、これが実情であろうと思われる。このことから、車の排出負荷条件は 1993 年当時と同等として取扱うこととする。

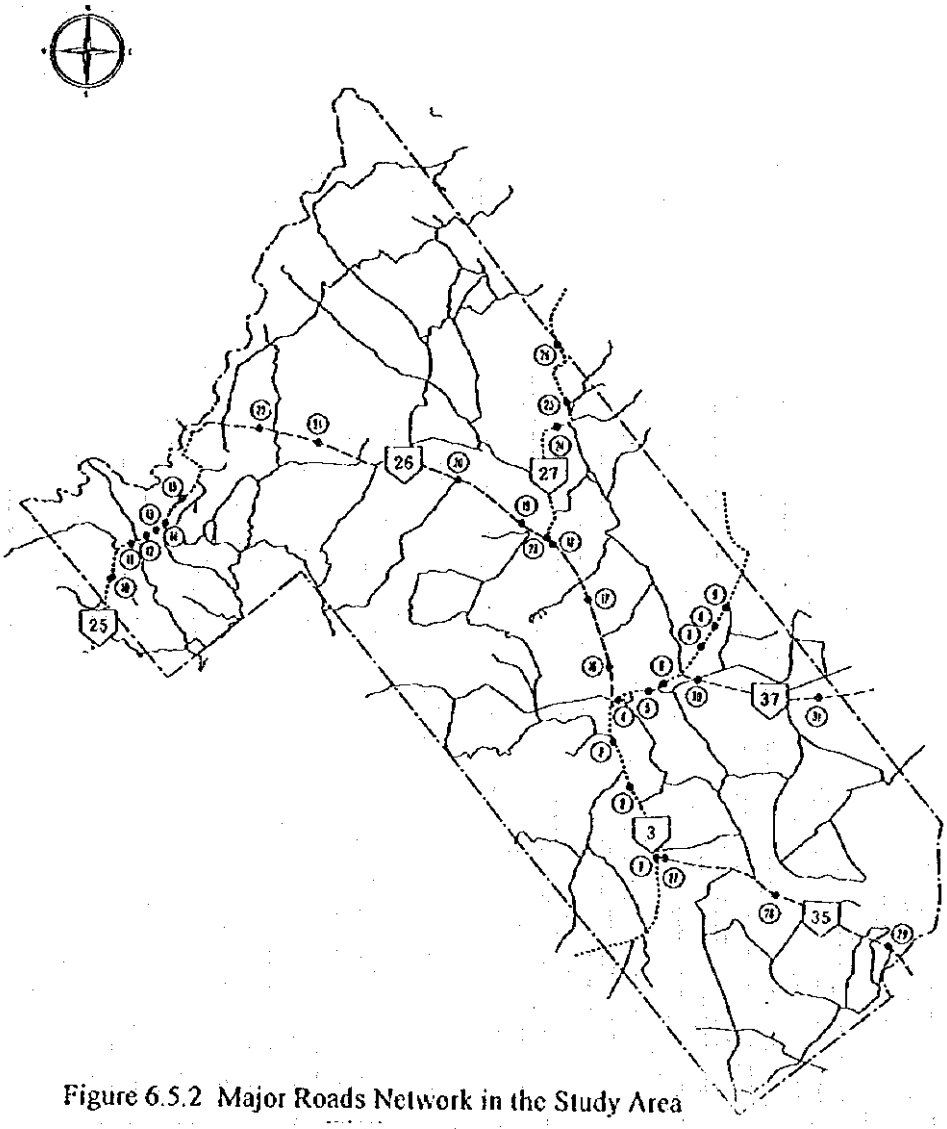


Figure 6.5.2 Major Roads Network in the Study Area

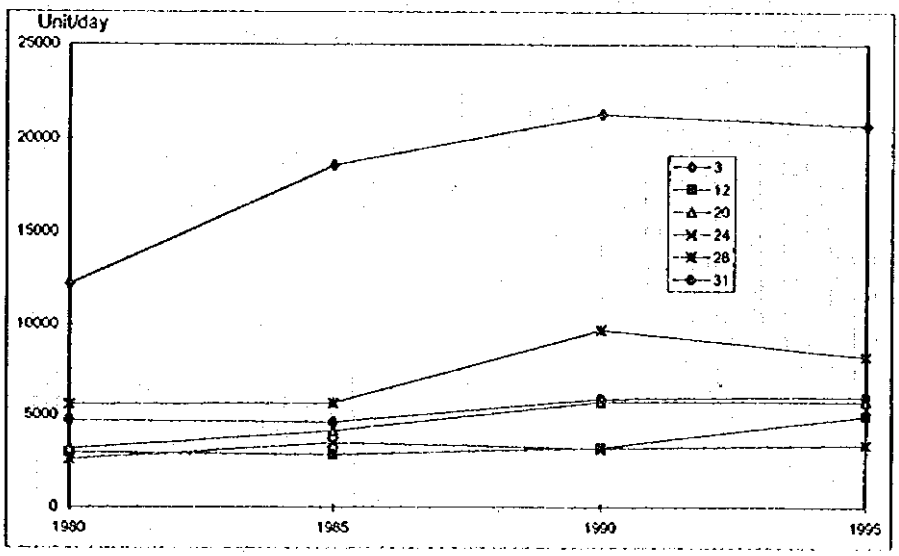


Figure 6.5.3 Trends in Traffic Volume

Table 6.5.3 Trends in Traffic Volume by Car Type

(units/day)

Type	Point	Road no.	Year 1980	1985	1990	1995
Passenger Car	3	3	8107	13241	16413	17889
	12	25	2049	1803	2640	4357
	20	26	2028	2685	3957	4366
	24	27	1732	2172	2080	2922
	28	35	2917	3008	6730	6095
	31	37	2660	2812	4401	4857
Bus	3	3	720	939	571	495
	12	25	289	194	130	140
	20	26	113	223	284	253
	24	27	208	225	279	138
	28	35	217	188	159	193
	31	37	180	107	85	75
Truck	3	3	3368	4381	4306	2286
	12	25	643	862	448	454
	20	26	1039	1228	1502	1137
	24	27	663	1113	820	335
	28	35	2460	2473	2823	1958
	31	37	1883	1678	1433	1090
Total	3	3	12195	18561	21290	20670
	12	25	2981	2859	3218	4951
	20	26	3180	4136	5743	5756
	24	27	2603	3501	3179	3395
	28	35	5594	5669	9712	8236
	31	37	4723	4597	5919	6022

Table 6.5.4 Traffic Volume in 1995 by Survey Points

(Unit:Veh/day)

Road No.	Point No.	Point	Passenger Car	Buses	Coupled Buses	Truck Small	Truck Large	Truck Trailer	Total
3	3	172+500	17889	393	102	285	1086	915	20670
25	12	67+000	4357	115	25	197	168	89	4951
26	20	23+000	4366	217	36	284	514	339	5756
27	24	9+500	2922	115	23	50	208	77	3395
35	28	10+000	6095	168	15	188	520	1250	8236
37	31	13+800	4857	75	0	126	482	482	6022

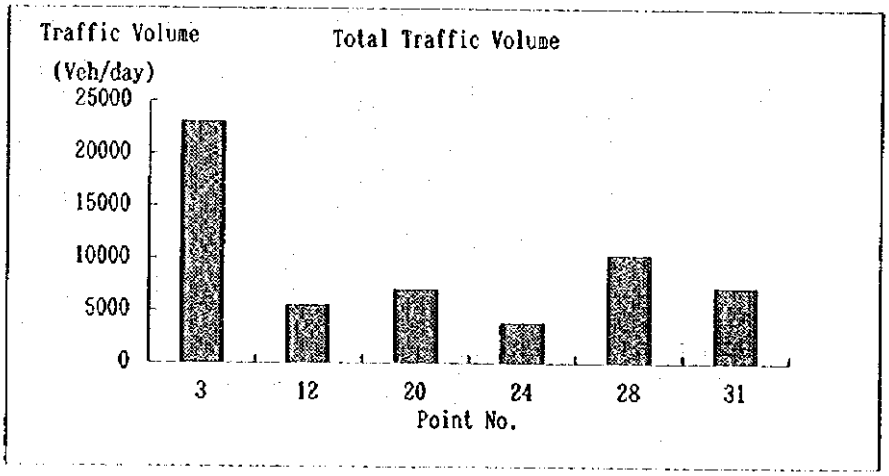


Figure 6.5.4 Traffic Volume in 1995 by Survey Points

Table 6.5.5 Registered Car Numbers and Average Car Ages by Car Names in Borsod Area

Name	Registered Car Number				Average Car Age			
	1992	1993	1994	1995	1992	1993	1994	1995
Ebbol Audi	499	926	1071	1279	9.54	10.71	11.30	11.23
BMW	341	573	647	771	10.13	10.75	11.35	11.22
Citroen	396	640	735	1006	7.72	8.68	9.49	9.84
Dacia	8775	5893	4479	2499	6.00	7.26	8.60	10.13
Daihatsu	127	198	242	288	5.03	5.65	6.47	7.82
Datsun-Nissan	382	738	891	1128	7.38	8.13	9.00	9.77
Fiat	1435	2208	2602	3431	11.68	10.86	11.24	10.58
Ford	1192	2410	2918	3906	14.31	8.76	9.36	9.56
Honda	240	417	479	618	7.75	8.29	8.94	9.47
Lada	31199	31511	29968	29905	10.48	10.78	11.33	12.14
Lancia	90	169	224	307	7.85	8.77	9.65	10.17
Maruti	312	403	425	465	1.88	2.48	3.37	4.27
Mazda	490	934	1112	1394	7.42	8.05	8.81	9.41
Mercedes	466	748	884	1146	11.76	12.09	12.60	13.12
Mitsubishi	324	646	754	978	6.84	7.95	8.86	9.24
Moszkvies	1384	1315	1265	1109	10.31	10.29	10.85	11.74
Oltcit	96	96	93	73	2.96	3.87	4.75	5.86
Opel	1447	3059	3903	5337	8.02	7.89	8.02	7.90
Peugeot	523	773	896	1139	5.80	7.28	8.36	8.79
Polski Fiat	5075	4903	4786	4605	9.65	10.36	11.26	12.19
Porsche	9	17	19	24	11.05	11.26	11.39	13.03
Renault	692	1305	1640	2905	8.71	8.89	9.20	9.49
Seat	77	178	237	460	4.56	4.66	5.37	5.21
Simca	106	173	199	199	11.37	11.69	13.22	13.10
Skoda	13344	12845	12559	12287	10.54	11.08	11.82	12.64
Subaru	44	86	108	435	8.50	9.17	10.64	10.08
Suzuki	86	668	1146	2083	4.79	1.76	2.25	2.34
Toyota	352	710	863	1152	7.23	7.95	8.78	9.19
Trabant	23797	22215	21741	21523	9.04	9.57	10.44	11.36
Uaz	218	173	163	142	10.77	11.37	12.36	12.94
Volga	377	247	186	135	9.39	10.07	11.53	12.94
Volkswagen	1773	3576	4196	5297	12.13	11.90	12.39	12.27
Volvo	115	188	214	254	11.04	10.92	11.38	11.87
Wartburg	15148	13884	13459	13094	10.02	10.53	11.32	12.18
Zaporozsec	328	326	374	444	15.62	14.07	12.76	11.24
Zasztava	1312	1350	1351	1334	7.10	8.01	9.00	9.84
Total and Average	112571	116501	116829	123152	9.54	10.01	10.67	11.13

Table 6.5.6 Distribution of Car Ages by Car Types in Hungary

(Unit:%)

Type	Vehicles Age in Years			
	<1	2-5	6-10	10<
Year	1990			
Passenger Car	4.3	27.8	25.9	42.0
Buses	1.2	33.7	34.0	31.1
Truck	4.3	33.2	34.9	27.6
Year	1995			
Passenger Car	2.3	8.1	41.5	48.1
Buses	4.0	16.1	39.3	40.6
Truck	4.9	17.8	36.1	41.2

iii) 面発生源

面発生源には、1992～1994年に行われたSajo valley地域大気汚染対策計画調査時の考え方と同様に、民生の他、小規模固定発生源、細街路の交通等を含めることとする。民生については、ガス会社の地域ガス供給量を調べることで燃料転換の状況を推定することができる。調査地域内にあるガス供給会社のガス供給量の変化を表 6.5.7 に示す。表中には、ガス会社の将来予測も示した。

民生のガス消費量は増加傾向にあり、特に1996年の増加が極端である。この消費量は、将来計画量の2001年よりも多い量であり、その原因は、例年になく冬季の冷え込みが厳しかったためと推定され、平年ではもっと少ないものと思われる。小規模固定発生源、細街路交通からのSO_2、NOx発生量は、経済状況が回復していない現状からして、1993年当時と大きな変化はないものと予測される。これは、企業等、民生以外の天然ガス供給量がそれほど大きな増加を示していないことからも推察される。

このことから、調査地域の現状における面発生源の SO_2 、NOx 排出負荷量等、排出条件は、1993年当時と同等として取扱うこととした。

以上のことから、各発生源とも、排出条件は1993年当時と同等として取扱うこととし、現状において大気汚染対策が実施されたものとして、予測計算を行うこととした。

b) 気象条件

気象条件は、Sajo valley地域を対象としたM／P調査時と同等として取扱うこととした。

c) 拡散方程式

点源、線源、面源の各拡散方程式は、Sajo valley地域のM／P調査に示してあるとおり、プルームモデルを基本とした。

2) 長期平均SO_2 及びNOx 濃度の予測結果

予測計算では、ボルショド発電所以外の発生源条件は、現状のままとした。

予測計算は、新設ボイラーにＣＦＢＣを採用し、下記の条件で行った。

Table 6.5.7 Trend of Gas Supply Company in Study Area

Month	1994			1995			1996		
	Communal Consumer Points	Communal Consumers m^3	Total m^3	Communal Consumer Points	Communal Consumers m^3	Total m^3	Communal Consumer Points	Communal Consumers m^3	Total m^3
Jan	112,138	21,198,692	41,249,276	122,968	14,581,858	55,472,136	133,211	32,785,295	58,925,732
Feb	112,616	21,240,959	41,349,833	123,861	24,787,341	42,939,211	133,858	34,989,868	59,909,812
Mar	112,928	20,488,171	37,623,293	124,099	19,658,359	37,043,672	134,079	31,397,009	53,322,955
Apr	113,481	13,249,802	25,869,581	124,308	16,948,517	30,576,541	134,400	19,773,736	34,207,970
May	113,723	6,530,117	16,149,681	124,510	7,955,352	17,163,251	134,701	5,471,008	14,530,748
Jun	114,050	4,256,016	12,785,833	124,862	4,919,219	13,408,715	134,214	3,916,565	12,749,770
Jul	114,458	2,003,515	10,362,739	125,162	2,148,883	10,795,006	134,513	1,349,834	10,498,784
Aug	114,913	1,899,603	10,754,419	125,549	2,135,705	10,623,213	134,925	1,755,715	10,670,274
Sep	115,792	3,911,920	12,786,418	126,390	4,760,384	13,971,765	135,643	6,203,449	17,182,273
Oct	118,105	6,284,848	21,692,423	127,961	5,826,531	19,970,658	136,785	8,981,740	24,018,647
Nov	120,354	15,528,382	35,237,328	129,700	16,577,926	38,299,579	137,162	17,810,000	37,996,000
Dec	122,419	25,008,631	47,822,940	132,019	25,261,036	48,839,930	138,192	31,897,000	53,422,000
Total		141,600,656	313,683,764		145,561,111	339,103,677		196,331,219	387,434,965

Note:Predicted Including Business Establishments
Heating Value is 34 Mj/m^3

Planned

Year	Communal Consumer Points	Communal Consumers m^3	Total m^3
1997	143,467	175,766,000	354,614,600
1998	146,987	182,471,000	364,134,200
1999	149,762	186,801,000	369,040,900
2000	152,169	190,172,000	372,903,800
2001	154,445	193,981,000	377,216,400

・SO_2の暖房期平均値（図 6.5.5）

75 %ロード

既設ボイラー：天然ガス

・SO_2の年平均値（図 6.5.6）

75 %ロード

既設ボイラー：混合炭

・NOxの暖房期平均値（図 6.5.7）

フルロード

既設ボイラー：国内炭

なお、SO_2、NOxの年平均値の大気質環境基準は、次のとおりである。

(単位：mg/m³)

項　目	Protected Area	
	I	II
SO_2	0.070	0.100
NOx	0.100	0.150

a) 暖房期のSO_2は、既存ボイラに最もクリーンな天然ガスを使用したとしても、住宅地における年平均値の大気質環境基準Ⅰを Kazincbarcika 市、Sajoszentpeter 市及び Miskolc市を含む広いエリアでオーバーしている。 Miskolc市では、工業地帯に適用される基準Ⅱさえも越えている。

b) 既存ボイラーに混合炭を使用した場合のSO_2の年平均は、Miskolc市で大気質環境基準Ⅰを超えている他は、全域でクリアしている。

c) 暖房期の NOx は、フルロードで最も悪条件での計算例であるが、全ての地域で大気質環境基準Ⅰをクリアしている。

d) これらのことから、SO_2に対しては、ボルショド発電所の大気汚染防止対策の効果は、地域の濃度レベルの低域に広く寄与しているものの、面源を主体とした他の発生源の影響が依然大きいことを示している。暖房期に環境基準をクリアするためには、発電所以外の発生源対策を合せて実施する必要のあることを示唆している。

e) 新たな排出基準が施行される 2005 年 1月 1日を目標年とした場合、SO_2は、下記の条件で環境基準をクリアすることが可能と考えられる。

- 他の固定発生源も排出基準をクリアすること。
- 住宅密集地を中心に計画されている民生の固体燃料から天然ガスへの転換が着実に実行されること。

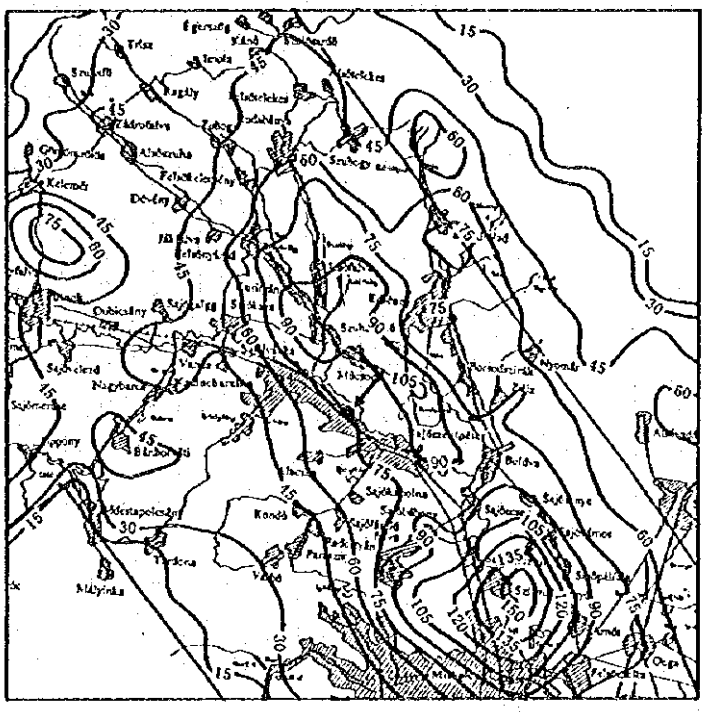


Figure 6.5.5 Isopleth for SO_2 in Heating Season

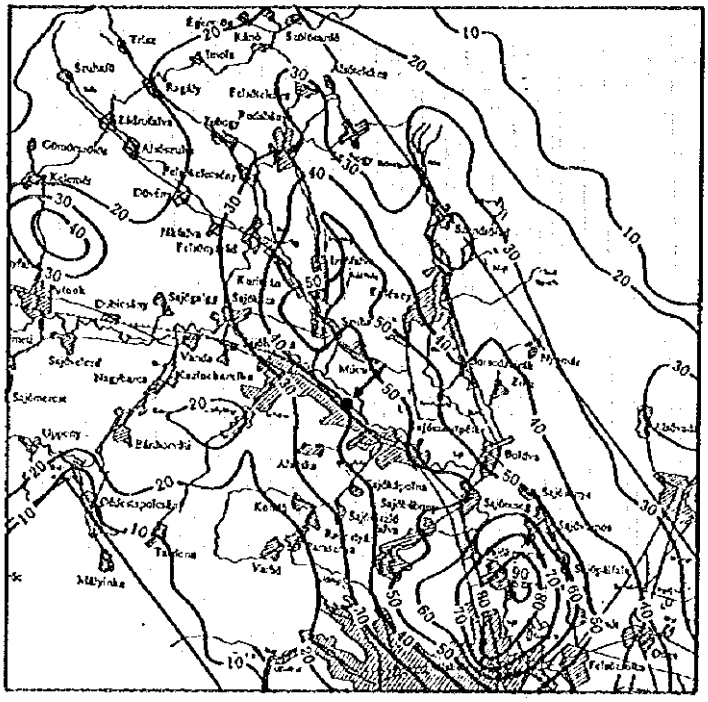


Figure 6.5.6 Annual Average Concentration Isopleth for SO_2

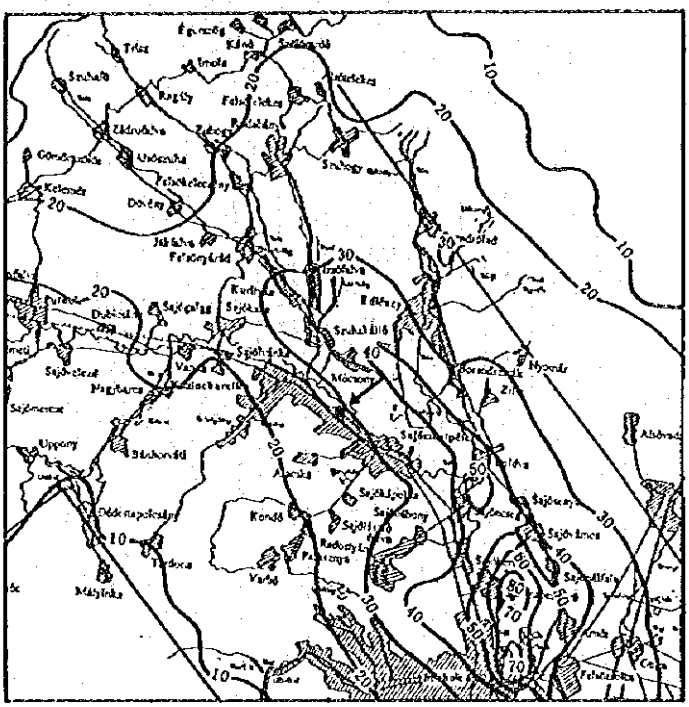


Figure 6.5.7 Isopleth for NOx in Heating Season

(3) スタグネーション（無風沈滞型高濃度時）のモデリング

スタグネーション時の高濃度汚染については、JICA の Sajo valley 地域大気汚染対策計画調査時にも冬期を中心に何度か見られている。図 6.5.8（上の図）は、1993 年 11 月 23 日 12：00～13：00 の SO_2 の等濃度線図を一例として示したものである。

この時の地上の気象条件は ESE、0.9 m/s で、ボルショド発電所から 5～6km の地点で 0.5 ppm の高濃度を検出しているが、最高濃度は、等濃度線図から安全をみると 0.6 ppm 程度を想定することができる。この時点におけるボルショド発電所の稼動状況は、No.5、6、7、8 の 4 基の 100t/h ボイラが 70～80%の負荷で運転されていた。なお、バックグランド濃度は、濃度分布から 100 ppb 程度を想定することができる。

なお、予測計算では、通常の拡散計算式では予測が困難であったため、地上濃度が有効煙突高さの 2 乗に反比例し、SO_2 排出量に比例することを加味して、対策後の地上濃度を算定することとした。

現在計画されている新設ボイラー及び既設ボイラーの 75％及び 100％負荷の運転を想定し、既設ボイラーに天然ガスを使用した場合の環境影響について、予測評価を行った。予測計算は、気象条件等の諸条件は上記のスタグネーション時と全く同様と仮定したもので、その結果は表 6.5.8 及び図 6.5.8（下の図）で示される。

計画されている対策が実施された場合、SO_2 の大気質環境保護基準の工場地帯の基準 II 0.40 mg/m³ (150 ppb) はクリアされているが、住宅地に適用される基準 I 0.25 mg/m³ (94 ppb)は、バックグランド濃度自体で既に基準 I を越えている。ボルショド発電所からの寄与は、新設煙突高さ 130 m の場合、最高 32 ppb 、煙突高さ 125 m の場合でも 35 ppb と大幅に低減されており、基準 I をクリアするためには、他の発生源をコントロールする必要のあることがわかる。

調査地域一帯をカバーするガス供給会社の計画によれば、民生のガス化が徐々に進行しており、1996 年現在の 138,192 戸から 2001 年には 154,445 戸を予定している。また、固定発生源についても、北ハンガリー環境監督局（ＥＫＦ）の指導の強化が図られると思われるので、SO_2 排出量の極端に多いボルショド発電所が環境保全対策を十分に実施する限りにおいては、スタグネーション時のような特異気象条件下であっても、近い将来に基準 I をクリアすることは十分に可能であろう。

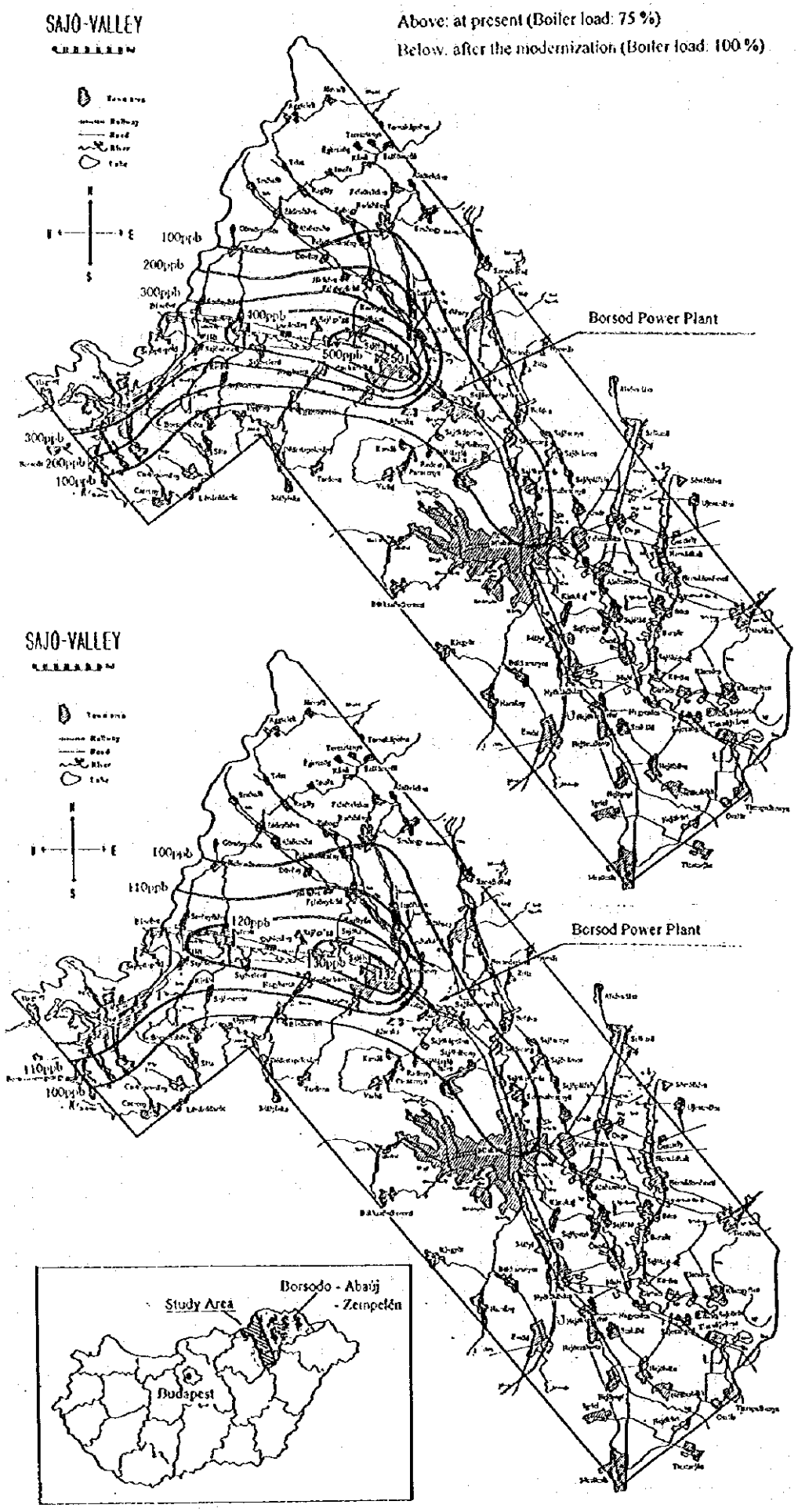


Figure 6.5.8 Isopleth for SO_2 at Stagnant Weather Condition by All Types of Sources

表6.5.8　スタグネーション時のSO_2濃度予測結果

	ボイラ条件	燃料条件		排出量条件				最大着地濃度
		新設 (150MW)	既設	新設 (H=130m)		既設 (H=101m)		
				排ガス	SO_2	排ガス	SO_2	SO_2
				Nm^3/h	mg/Nm^3	Nm^3/h	mg/Nm^3	ppb
高濃度の事例 (1993年データ)	75%稼働	-	国内炭	-	-	399,600	5,462	500
排出量より予想される濃度	フル稼動	-	国内炭	-	-	532,800	5,462	667
	75%稼働	微粉炭*	ガス	388,800	400	337,500	35	24
	フル稼動	微粉炭*	ガス	518,400	400	450,000	35	32

*排出基準(SO_2=400mg/m³ NOx=200mg/m³)はクリアされる。

(4)　ダウンウォッシュ

煙突から排出されたガスは、煙突の背後に生じる渦や付近の建物によって発生する渦に巻き込まれ、急激に地上に降下する。この現象はダウンウォッシュと呼ばれ、煙突周辺の地上における汚染物質濃度を高める。

アメリカ環境保護局は（US EPA）は、Clean Air Act Amendments において、ダウンウォッシュを防止するため GEP(Good EngineeringPractice)による規制を行った。GEP 煙突高とは、「付近の建物、地形による遮蔽物、もしくはそれ自身により発生した大気ダウンウォッシュおよび渦、乱流が、煙突からの排出ガスに影響を与え、煙源直近における高濃度大気汚染を発生させる、といったことが起こらないことを保証する煙突高」である。調査団は、アメリカ環境保護局が作成した BPIP(Building Profile Input Program)(1993 年)により、GEP 煙突高を計算した。

表 6.5.8 に示したように、既設煙突からの排ガスは天然ガス燃焼排ガスであるため、大気汚染物質の煙突からの排出量は少ない。すなわち、ダウンウォッシュによる高濃度大気汚染については、主に、石炭燃焼を行う新設煙突からの排ガスに対し考慮する必要がある。よって、GEP 煙突高の計算は、新設煙突についてのみ行った。

GEP 煙突高の計算に必要な発電所設備及び建屋の位置は、3.4 章に示した発電所設備のレイアウトに従った。また、各設備及び建屋の高さについても、4 章における設計値を使用した。

表 6.5.9 に、GEP 煙突高計算結果を示す。

Table 6.5.9 Stuck Height by GEP Model

Wind Direction		New Stack			
		BH	PBW	Wake Effect Ht (GEP Ht)	Building contributing to Wake Effect Ht
degree	-	m	m	m	-
11.25		-	-	-	-
22.50	NNE	-	-	-	-
33.75		54.00	36.69	109.40	BOILER HOUSE
45.00	NE	54.00	35.59	107.38	BOILER HOUSE
56.25		54.00	44.87	121.31	BOILER HOUSE
67.50	ENE	54.00	51.07	130.61	BOILER HOUSE
78.75		54.00	51.07	130.61	BOILER HOUSE
90.00	E	38.69	157.24	96.72	EXISTING BLDG.
101.25		38.69	130.01	96.72	EXISTING BLDG.
112.50	ESE	32.30	34.63	80.75	EP
123.75		-	-	-	-
135.00	SE	-	-	-	-
146.25		-	-	-	-
157.50	SSE	-	-	-	-
168.75		-	-	-	-
180.00	S	-	-	-	-
191.25		-	-	-	-
202.50	SSW	-	-	-	-
213.75		54.00	36.69	109.40	BOILER HOUSE
225.00	SW	54.00	35.59	107.38	BOILER HOUSE
236.25		54.00	44.87	121.31	BOILER HOUSE
247.50	WSW	54.00	51.07	130.61	BOILER HOUSE
258.75		54.00	51.07	130.61	BOILER HOUSE
270.00	W	38.69	157.24	96.72	EXISTING BLDG.
281.25		38.69	130.01	96.72	EXISTING BLDG.
292.50	WNW	32.30	34.63	80.75	EP
303.75		-	-	-	-
315.00	NW	-	-	-	-
326.25		-	-	-	-
337.50	NNW	-	-	-	-
348.75		-	-	-	-
360.00	N	-	-	-	-

計算結果より、GEP 煙突高は 130 m である。4 章において新設煙突の高さは 130m で設計しており、よってダウンウォッシュは発生しない。

6.5.2 地下水

この地域の地下水源は、工業地帯であるがために、さまざまな危険にさらされており、特に水道水源の帯水層が地表面近くにあることに留意する必要がある。

(1) 環境影響の予測評価

ボルショド発電所及び Borsodchem Co. の廃棄物貯蔵場、その他の合法、非合法の廃棄物投棄について、今後十分な対策が成されなかった場合、イオン類を主体に顕在化した地下水汚染の改善は望めず、将来に禍根を残すことになる。

現在、既にボルショド発電所では、シンスラッジに代えてシックスラッジによる輸送技術による地下水への汚染影響の軽減等の対策を実施している。Borsodchem Co.においても対策を実施し、また、計画中のものもある。

今、不透水シート工法等でボルショド発電所施設からの地下水汚染を完全に防止した場合について、将来の環境状況を予測評価してみた。

1) 地下水の移流解析

廃棄物貯蔵施設からの汚染地下水の周辺への移流拡散について、解析・検討した。

地下水の流向・流速や流量は、水質改善を検討する上での重要なパラメータである。

a) 対象範囲

検討対象範囲は、ボルショド発電所の東側（下流側）の約 5～6 km までとする。

b) 対象汚染源

この地域一帯には多数の廃棄物貯蔵場があるが、主要な貯蔵場は、ボルショド発電所及び Borsodchem Co. の廃棄物貯蔵場である。対象とする汚染源は、これら主要な汚染源とする。

ボルショド発電所の汚染源は、石炭灰スラッジ貯蔵場と水処理工場の廃水である。

c) 解析計算

i) Darcyの法則と浸透係数

Darcyの法則

地下水流量等に関しては、Darcy の法則から求めることができる。図 6.5.9 を想定した場合、Darcy の法則は、次のように定義される。

$$Q = -kA\frac{\Delta h}{\Delta l}$$

ここに、

A：断面積 (m2)

Δｌ：砂層の長さ (m)

Q：断面積Ａを通して定常的に流れる流量 (m^3/s)

Δｈ：損失水頭 (m)

ｋ：浸透係数 (m^3/s)

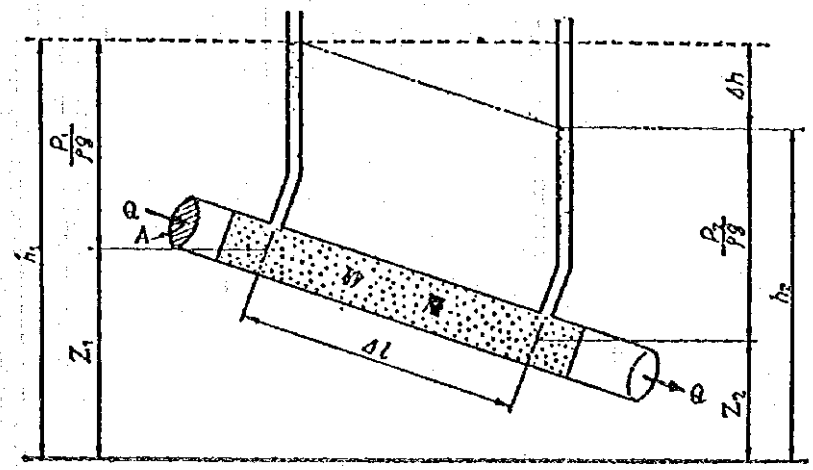


Figure 6.5.9 Law of Darcy

浸透係数kは、土砂の粒度、空隙率、飽和度、流体の粘性、密度などによって定まる定数である。負号は、地下水位の低い方向に地下水が流れることを示すものである。

一般に、地下水の流速（V）は、巨視的には平均流速Q／Aで定義されるが、空隙内を流れる実質的な流速（V_0）は空隙率（λ）を考慮する必要があり、次式で与えられる。

$$V_0 = \frac{v}{\lambda} = -\frac{k}{\lambda}\cdot\frac{\Delta h}{\Delta l} = -\frac{k}{\lambda}\cdot I$$

ここに、I：地下水位傾度（Δh／Δl）(m/m)

なお、土砂の空隙率は、ある体積の土砂の全容積と全空隙容積との比で表わされ、次式で与えられる。

$$\lambda = \frac{V_v - V_s}{V_v}\times 100(\%) = \frac{S_r - S_a}{S_r}\times 100(\%)$$

ここに、V_v：土砂の全容積、V_s：土砂粒の実質部の容積、S_r：土砂の真比重、S_a：土砂の仮比重

<u>浸透係数</u>

浸透係数を求めるためには、さまざまな算定公式や野外測定法があるが、水道会社のERV Rt.では、研究結果として浸透係数k＝4.86×10^{-2} cm/sを採用している。

野外測定法では、実質的な流速V_0をトレーサー法等で実測し、次式によって浸透係数kを求める。

$$k = \frac{\lambda_e \cdot v_0}{I}$$

λe の値は、表 6.5.10 のような値で示される。

表 6.5.10 有効空隙率（λe）

地層		空隙率（%）	保水率（%）	有効空隙率（%）
沖積	礫層	25	10	15
	細礫層	35	20	15
	砂丘砂層	30～35	10～15	20
	泥粘土質層	45～50	30	15～20
洪積	砂礫層	30	10～15	15～20
	砂層	35～40	5～10	30
	ローム層	50～70	30～50	20
	泥層粘土層	50～70	45～60	5～10
第三紀	砂岩	40	5	35

表 6.5.11 は、土質別の浸透係数の概略値を示したものである。ただし、これはほぼ均等な粒度の土を前提にしたものであり、対象地域のように砂礫層の場合には、細粒側の粒子径が浸透係数の支配因子となる。$k = 4.86 \times 10^{-2}$ cm/s は、文献値と比較してもほぼ妥当な値である。

表 6.5.11 浸透係数の概略値 [浸透係数 k (cm/s)]

	10^{-9}	10^{-7}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-1}	10^{+1}
浸透性の評価	不透水		非常に低い	低い	中位	高い
粒径D(mm)			0.075	0.425	2.0	
概略土質区分	粘土		シルト～砂質土		砂～礫	清浄な礫

ii) 地下水流量及び移動速度の算定

地下水流量及び移動速度の算定は、ポルショド発電所施設等からの移流拡散を想定し、Sajo川サイドの地下水脈を主体として、実測データ等から下記のとおり算定した。正確には、スラッジ貯蔵場等からの浸透水量を加算する必要があるが、現在はシックスラッジ技術を採用していることもあり、考慮しないこととする。

ここで、

浸透係数（k）　：4.86×10^{-4} (m/d)
地下水位の傾度（I）　：2×10^{-3} (m/m)
透水層の厚さ（m）　：7 (m)
透水層の幅（L）　：4000 (m)

よって、

透水層の断面積（A）　＝m・L＝ 2.8×10^{4} (m^2)
巨視的平均流速（V）　＝k・E＝9.72×10^{-7} (m/s)
地下水流量（Q）　＝A・V＝2.72×10^{-2} (m^3/s)

実質的な流速（V_0）は、地下水脈が砂礫層が主体であることから、空隙率（λ）30%、保水率10%、有効空隙率（λ e）20%とすると、次のようになる。

$$V_0=\frac{V}{\lambda_e}=4.86\times10^{-6}\ (m/s)$$
$$(\therefore 0.42m/d)$$

d) 解析結果の評価

以上の算定結果から、次のことが言える。

i) Sajo 川の年平均水流量は 27.8 m^3/s（1996 年）なので、1 日当たりに換算すると 2,402,000 m^3/d となる。一方、地下水流量は 2,350 m^3/d なので、Sajo 川の流量の 1/1000 程度となり、非常に少ない。

ii) 地下水の移流速度は非常に遅く、Borsodchem Co.の塩分蒸発場から Borsodszirak 水道水源Ⅰ／Aの中心までの地下水移動に約 40 年を要することになる。よって、地下水汚染防止対策を完全に実施したとしても、汚染源からの影響が水道水源にほとんど現われなくなるまでには、さらに長期間を要することになる。

iii) 地下水質は、対策により全体的には改善に向うが、地点によっては将来一時的に濃度の上昇がみられる可能性も考えられる。

2) 影響の予測評価

不透水シート工法等の地下水汚染防止対策を実施した場合の将来の地下水濃度について、予測評価を行った。

a) 予測項目

予測項目は、SO_4^{2-}、Cl^-、Na^+、Ca^{2+}及び As とする。

地下水汚染物質の濃度分布によると、As 及び Ca^{2+}は発電所施設を発生源としている。SO_4^{2-}もそのほとんどが発電所施設からである。一方、Cl 及び Na^+は、発電所の水処理排水貯水池とともに Borsodchem Co. の施設も大きな発生源である。

b) 予測計算条件の設定

i) 地下水流速及び流量

計算結果から、流速：0.42 m/d（有効空隙率：20%）

流量：2,350 m^3/d

ii) ボルショド発電所の現在までの稼動時間

1957 年からの 40 年間

iii) 石炭灰の排出量

石炭の燃焼量は、1980～1990 年の平均値で 40 年間燃焼（熱量ベース）したものとする。

表 6.5.12　石炭の燃焼量と石炭灰の排出量

項目＼時期	初期段階	1980～1990
石炭 (t/年)	(1,301,400)	1,947,000
発熱量 (MJ/kg)	12.55	8.39
灰分 (%)	21.5	34.7
石炭灰 (t/年)	(279,800)	675,000

備考　（　）：推定値

石炭の質や燃焼量は、40 年の期間中に変化したものと思われるが、表から平均を求め、石炭灰の排出量は 477,700 t／年とする。

iv) 地下水のバックグランド（BG）濃度

産業の影響をあまり受けていないと思われる TM-30 及び E-6 の観測井戸の水質を平均し、BG 濃度とする。

成分	SO_4^{2-}	Cl^-	Na^+	Ca^{2+}	As
濃度(mg/l)	92	26	52	94	ND

ND：検出限界以下(<0.6 μg/l)

v) 石炭灰からの各成分の溶出

- 石炭灰からの溶出成分は、SO_4^{2-}、Ca^{2+}を対象とする。
- 溶出量の少ない Cl^- 及び Na^+ は、排水貯水池の Cl^- 及び Na^+ に比べて極めて微量のため、地下水汚染に寄与しないものとする。

・ SO_4^{2-}の溶出量は、1997年現在実施している100 m²のシックスラッジ実験場で初期段階に得られた漏出データ（1.59 g/kg Ash ）を採用する。
・ Ca^{2+}の溶出量は、スラッジ貯蔵場近傍の観測井戸（TT-1、8～10、V-2）の実測データからCa^{2+}／SO_4^{2-}の比（0.31）を求め、その割合で溶出するものとする。

vi) 水処理工場の廃水からの地下水への漏出割合

水処理工場の廃水の50％が、廃水貯水池に貯蔵される。廃水の無機塩の化学組成は次のとおりであり、1年間に約1,000t の無機塩が廃水貯水池に貯蔵され、97～98％の水は浸透し、地下水汚染の原因となっている。

表 6.5.13　水処理廃水からのイオン類の排出量

成　分	含有率 (%)	排出量 (t/y)
Cl^-	40	400
SO_4^{2-}	12	120
Na^+	23	230
Ca^{2+}	23	230
Mg^{2+}	1	10
その他	1	10

Caは、石灰スラッジとしても含まれているので、Cl^-やNa^+とは異なり、上記の割合では地下浸透しない。よって、廃水貯水池の直近の観測井戸（TT-12,13）の水質から浸透割合を検討した。

BG濃度を差し引いたClに対する各成分の含有割合を表6.5.14に示す。

表 6.5.14　観測井戸の水質と含有割合

成分	濃度 (mg/l)	Clに対する割合 (%)	
		廃水	観測井戸
Cl^-	1719	100	100
SO_4^{2-}	808	30	47
Na^+	993	58	58
Ca^{2+}	176	58	10

Cl^-とNa^+との比は、廃水及び観測井戸とも58％であり、そのまま地下水に浸透していることを明示している。SO_4^{2-}は、廃水（原水）よりも観測井戸の割合が高く、スタンバイスラッジ貯蔵場等の発生源からの影響を受けたものと考えられるので、廃水の120t/yがそのまま浸透するものとして取扱う。一方、Ca^{2+}は、ほとんどが石灰スラッジとして排出されたことになる。よって、観測井戸の割合をCaの浸透割合として採用する。

c) 予測計算

使用データは、多くの推定値が含まれており、予測計算パラメータも十分解明されたものではない。よって、高度な計算手法を用いるのではなく、トライアルとして簡易な手法で計算することとした。

i) 過去の地下水汚染総量

ボルショド発電所からの石炭灰及び水処理廃水による塩類等の地下水汚染総量は、予測計算条件から過去40年間で表 6.5.15 のようになる。

表 6.5.15　過去40年間の地下水汚染総量の概算

成　分	石炭灰 (t)	水処理廃水 (t)	汚染総量 (t)
SO_4^{2-}	30,380	4,800	35,180
Cl^-	−	16,000	16,000
Na^+	−	9,200	9,200
Ca^{2+}	9,420	1,600	11,020

石炭灰中の Cl^- 及び Na^+ は、便宜上地下水汚染はないものとして取扱った。

ii) 40年間に希釈した地下水の総量

ボルショド発電所施設からの地下水汚染物は、Sajo川水系側を主体とした地下水脈により拡散・希釈されている。その他、廃水貯水池の水及びシンスラッジ（灰1に対し、水約6の割合）の水による希釈を受けたことになる。よって、影響地域全体の平均の地下水濃度を求めるためには、地下水の総量について検討する必要がある。

廃水及びスラッジの水の97～98％は浸透し、その一部は側溝等に流出する。また、他の一部は付近土壌から蒸発したり、石炭灰では概ね同重量の水分を保有している。よって、実質的に地下水を流入する割合は、廃水貯水池では70％、スラッジ貯蔵場で実質的に地下水に流入する割合は、廃水貯水池では70％、スラッジ貯蔵場では概ね60％程度と推定した。

・ Sajo川側地下水脈

4,000 m × 7 m× 0.42 m/d ×365 日×40 年×0.2 ≒ 34,339,000 m^3

・ 廃水貯水池

150,000 m^3/ 年×0.7 ×40 年 = 4,200,000 m^3

・ スラッジ貯蔵場

477,700 t/年× 6×0.6 ×40 年 ≒ 68,789,000 m^3

・ 希釈水の総量

1,073,280,000 m^3

iii) 地下水汚染濃度の算定と実測濃度との対比

汚染物質の総量と希釈した地下水の総量とから算定した結果を、表 6.5.16 に示す。

表 6.5.16 計算濃度と実測濃度との対比

成 分	平均汚染濃度 (mg/l)		計算値／実測値
	計算値	実測値	
SO_4^{2-}	328	559	0.587
Cl^-	149	310	0.481
Na^+	86	178	0.483
Ca^{2+}	103	170	0.606
As	—	18	—

計算値と全観測井戸の平均値から求めた実測値とには、大きな差異がみられた。この原因として考えられることは、概ね下記のとおりである。

・ 実測値は、全データの単純平均値である。観測井戸は、発生源付近に多く配置されているので、データは若干過大評価されている。
・ スラッジ水等の地下への浸透量は、推定値である。
・ 地下水流量、石炭灰の排出量や有効利用量、廃水量等は年によって変化しているが、それらを十分に考慮していない。

また、計算値と実測値の比から、SO_4^{2-}と Ca^{2+}、Cl^-と Na^+のそれぞれの組合せは、発生源と地下での挙動が同様と考えられる。

d) 環境影響の予測評価

評価は、 i) ボルショド発電所のみ対策し、他発生源は無対策とした場合、ii) 同時に、Borsodchem Co.が完全に対策を実施した場合について検討した。

Ca^{2+}及び一部の地点を除く SO_4^{2-}は、地下水の濃度分布からみても、ボルショド発電所施設が

発生源とみられる。よって、Ca^{2+}を基準とし、計算値と実測値の差異は、諸条件に対する十分な考慮が成されなかったためとして、計算値を実測値のレベルに補正した（表 6.5.17 ）。

表 6.5.17　地下水濃度予測計算

成　分	平均汚染濃度 (mg/l)		
	補正計算値	実測値との差	BG加算値
SO_4^{2-}	541	18	110
Cl^-	246	64	90
Na^+	142	36	88
Ca^{2+}	170	0	94

表中、実測値との差は、過去40年間にわたる地下水汚染のボルショド発電所施設以外の発生源からの寄与を示したことになる。将来の地下水質を保全するためには、他の発生源に対しても配慮すべきことをCl^-及びNa^+の濃度が示している。

なお、表 6.5.18 は、飲料水の物理及び化学的品質基準 (MSZ 450/1-1989) を示したものである。

表 6.5.18　飲料水の品質基準

項　目	適格値	許容限度
SO_4^{2-}	200	300
Cl^-	80	100
Na^+	200	—
As	—	0.05

i)　ボルショド発電所のみ対策した場合

表 6.5.17 中、BG 加算値（予測値）は、不透水シート工法等、完全に地下水汚染を防止し、40 年以上（およそ 50 年を想定）経過して発電所施設からの影響が完全に除去された場合の地下水サンプリング地点（61 点）一帯の平均濃度を示したものである。

Ca^{2+}及びSO_4^{2-}は、ボルショド発電所の十分な対策により、徐々にBG濃度近くまで改善させることが可能である。

なお、As は、発生源が発電所施設のみであり、煙道ダストや石炭灰の飛散による土壌汚染対策も実施されるものとすれば、施設近傍でも検出限界以下まで改善されることになる。

ii) 同時に、Borsodchem Co.が対策を実施した場合

Borsodchem Co.は、主要な汚染源であった塩分廃水の蒸発池システムの使用を1996年以来中止し、新たにHDPEで隔離した廃水貯蔵場を使用しているという情報を得ている。

隔離された蒸発池にのみ今後貯蔵されるとすれば、塩分の新たな汚染は起らないことになる。

また、使用中止した廃水貯蔵場を完全に再生し、地下水汚染を防止する対策を計画中とのことである。しかし、再生の方法、塩分貯蔵場の構造、今までに廃棄された塩分の総量などの情報の詳細は得られていない。

今、計画が実行され、地下水汚染が完全に防止されたとすれば、水質は徐々に改善され、50年程度経過後、イオン類の濃度はBG濃度に近い値となり、水道水源としての水質を確保することが可能となろう。

以上の将来予測評価には多くの仮定が含まれており、精度的には不十分であるが、地下水、土壌を一度汚染すると、その改善には極めて長期間を要すること、完全にもとの自然の状態に戻すことは困難であることは少なくとも証明されたものと思われる。

(2) 環境保全目標の設定

発生源の状況からみると、少なくともイオン類による地下水汚染のほとんどは、ボルショド発電所及び Borsodchem Co. に由来している。

重金属汚染について、ボルショド発電所施設からの環境影響を考えた場合、スラッジ貯蔵場の近傍でAsが高い値を示している他は、人の健康を害するような重金属汚染はみられない。

環境保全目標としては、6.2項に示したハンガリーの飲料水の物理及び化学的品質を定めた国家基準（MSZ 450/1-1989）の適格値及び上限値（許容限度）に従うものとする。環境保全目標の達成は、Borsodszirak I/Aの水道井戸及び現在も一部でプライベート井戸を飲料用に使用している Dusnok-puszta を対象とする。

目標の達成年度は、大気質とは異なり、対策を実施しても、その効果が十分に現われるまでに相当長期間を要するので、明確に定めることは困難であり、速やかに適切な対策を講じることが大切である。

ボルショド発電所及び Borsodchem Co. が適切な地下水汚染防止対策を実施したとしても、Dusnok-puszta でイオン類が許容限度をクリアするのに30年、適格値をクリアするのに40年といった期間、場合によってはそれ以上を要するものと思われる。

(3) 対策案

1) 対策の概要

対策案としては、概ね次のことが考えられる。

a) シックスラッジシステム
b) 不透水シートシステム
c) ベントナイト使用による漏れ部自己修復型封止遮水工
d) 汚染土壌の掘り起し、不透水シートやコンクリート遮断槽への封じ込め
e) 鉛直遮水工（鋼矢板、コンクリート等による連続地中壁）
f) 地下水揚水法（バリア井戸や水の注入を含む）
g) 覆土、植栽工（草木、樹木）、またはその下に Geotextile 等シートを敷き、雨水の地下水への浸透の防止
h) 廃酸、廃アルカリを廃液貯留池に入れない

a) は、灰輸送システムをシンスラッジからシックスラッジとすることにより、水の浸透による地下水汚染の影響を緩和させようとするものであり、現在ボルショド発電所で試験中である。a)～c)は今後排出される石炭灰の処理を目的としたものであり、d)～g)は現在汚染されている土壌・地下水に対する対策手法で、地下水汚染の拡散の防止、汚染の除去・低減を目的としたものである。これらの中から、ボルショド発電所の開発に関連し、地下水環境を保護するために最適な対策代替案を提示する必要がある。

また、これらの対策の中には、灰の飛散による大気汚染の防止に役立つ対策も含まれる。

2) シックスラッジシステムについて

ボルショド発電所は、1996 年からシックスラッジ輸送システムを採用し、同時に現在シックスラッジに関する物理的・化学的性質について試験、検討中である。調査団が今までに得た主な情報は、下記のとおりである。

a) Lyuka 炭を使用し、Aika 発電所で実施した HFBC 燃焼試験の灰によるシックスラッジテストで固化させた石炭灰は、溶出試験の結果、無害であることが Main Environmental Protection Inspectorate により証明された。

b) しかし、EKF は、無害であることを再度証明するよう指示している。それを受け、ボルショド発電所は現在 100m² 規模の実験ブロックで溶出状況等の物理的特性の試験を 1年間を目途に実施中である。

c) このシステムは EGI の技術であり、ヒアリングによれば、灰 1 に対し水 1～1.2 で配管輸送、

スラッジ貯蔵場で固化させることにより、

・堆積場の密度が高まり、同じ容積で 2倍近く貯蔵できる。
・保水能力が高まり、浸透性が低下する。
・溶解性が低下し、地下水への溶出がほとんど無くなる。
よって、地下水の汚染源とならない。

d) 新設ボイラーの建設に伴い、石炭灰貯蔵場予定地（Ⅷ/1）の一部に約 5ha の不透水シート工法による貯蔵場を設置し、 2～3 年分のシックスラッジを貯蔵しつつ、溶出状況等をチェックし、地下水への負荷が小さく、汚染の原因とはならないと判断された場合にはシックスラッジのままで、問題のある場合にはその後もシート工法を採用し、灰を貯蔵する。

シンスラッジ（灰 1：水約 6）に比べて、シックスラッジは水分が少なく、地下水汚染を軽減させることが可能と考えられる。しかし、下記の問題点が指摘できる。

- Lyuko 灰は、灰分含有量が多く、石炭灰の粒子が大きいため、固化しにくい。十分な固化等、情報どおりの良好な結果が得られるかどうか、再度試験、検討が必要である。EGI の技術者によれば、灰の固化のためには、灰対水の割合が非常に重要とのことである。ビーカー実験で固化が可能であっても、実大規模のシックスラッジシステムで同様の結果が得られるかどうかは、明確ではない。調査団の調査結果では、灰と水の混合比は 1：1.5 ～24.0 と大きな変動を示している。

- 固化スラッジに対し、実験室においてハンガリーの公定法で溶出試験を行い、無害という結論を得ているが、実際のフィールドでは、長期間にわたり貯蔵され、時には記録的な豪雨に見舞われることもあろう。そのような場合でも、地下水に影響はないのか、十分な検討が必要である。

- 現在実験ブロックで実施中のシックスラッジ堆積エリアの検討は、検討計画どおりに実験し、十分に解析、評価する必要がある。特に、実験の初期段階から、継続的に灰の輸送水及びブロックから排出される漏出水の水量及び組成と降水量等の気象条件を把握し、Lyuko 炭のシックスラッジに関する知見を蓄積し、今後の対策に反映させるべきである。

- ボルショド発電所では、将来シックスラッジの輸送水にイオン類を含有した廃水を利用しようと考えているが、遮水が完全に行われないのであれば、現段階で推奨することはできない。

シックスラッジによって地下水汚染が防止されるかどうかの判定は、蓄積した知見を検討し、環境保全目標に照らして慎重に対応する必要がある。知見が不十分な場合には、安全サイドに立って対応することを環境保全対策の基本とすべきである。

3) Borsodszirak I/A 及び I の水道水源に対する対策

対策としては、次の 2 通りが考えられる。

a) 1)に示した各種対策、つまり発生源に対する対策（受動的・消極的対策）

b) 水道水源に対する直接の対策（能動的・積極的対策）

水道水源の保護の観点からは、b)の対策が推奨される。

対象地域一帯には、ボルショド発電所の他にも多数の地下水汚染源があり、既に土壌、地下水を汚染している。この汚染源に対する十分な対策には、膨大な費用が必要であり、また、水質改善のためには、極めて長期間を要することは先に述べたとおりである。

一方、水道水源に対する直接の対策は、水源保護のための積極的な対策であり、短期にその効果を発揮することができる。

第 1 の方法としては、現在使用されていない水源 I/A に、Bodva 川の水を引込み、河川水の地下浸透池又はろ過池を作り、それを水源とする方法である。

第 2 の方法としては、水源 I の地下浸透池方式の拡張である。この方式の唯一の欠点は、水源 I/A 、I とも Bodva 川の水質に依存することである。今後工業活動が活発になった場合の上流域の河川管理が重要となってくるであろう。

水管理局及び水道会社である ERV Co.は、水道水源保護のための複数の対策案を保有しているが、少なくとも地下水質が改善されるまでは、河川水の利用を調査国としても推奨したい。なお、他の積極的対策として、汚染された地下水脈の遮断があるが、この対策は、本地域では莫大な費用を要することと、遮断による新たな環境影響が考えられ、推奨することはできない。

現在は、経済の低迷と水道料金の上昇で一時的に水道の使用量が減少し、水道水源の I だけでまかなえているが、近い将来水道水の不足となるのは明白であり、早急な対策が望まれる。

6.5.3 土壌

(1) 現状評価

重金属による土壌汚染が顕在化しており、地域内に汚染源が点在していることは、調査団の収集資料から既に確認されている。ボルショド発電所一帯は工場地帯であり、多くの工業廃棄物の他、違法に廃棄物を埋立てられた場所もあり、これらは土壌、地下水の汚染源となっている。主要な工業廃棄物埋立場は、図6.5.10に示すとおりである。

廃棄物の埋立場が点在し、さまざまな重金属による土壌汚染があるが、ボルショド発電所からの土壌汚染についてはAsが主体であり、付近環境に影響を与えている。これは、調査団の実測データや収集資料からも理解することができる。

(2) 対策案

ボルショド発電所からの土壌汚染について考えると、対策は次の 4つに大別される。

1) 煙道排ガス中のダストを低減させる（As等）
2) スラッジ貯蔵場から石炭灰を飛散させない（As等）
3) 酸、アルカリ廃液を土壌中に浸透させない（イオン類）
4) 建設工事中における残土、廃棄物からの土壌、水質、大気汚染防止

具体的には、

- 煙道排ガス中ダストの集じん効率の向上
- 覆土、植栽工、その他の石炭灰飛散防止対策
- シックスラッジシステムと石炭灰の固形化
- 既設ボイラの燃料をダスト（As等）の出ない天然ガスに転換
- イオン交換樹脂等のために使用した酸・アルカリの廃液を廃液貯留池に入れない
- 建設工事中における汚染防止対策の実施

これら対策案の中には、土壌汚染が結果として地下水汚染となる場合もあり、地下水汚染防止対策に関連したものもある。

(3) 環境影響の予測評価

環境保全目標は、ハンガリーで規定されている土壌・地下水に対する環境保護基準である。ボルショド発電所の稼動、建設に伴う環境影響の回避・軽減は、上記 1)の対策案を着実に実施することで可能である。この対策が実施できた場合には、新たな土壌汚染は回避することができ、将来的には自然の浄化作用により次第に回復に向うことになる。また、現在主としてイオン類で汚染された地下水も、他の地下水汚染防止対策との併用で次第に浄化され、長期的には基準をクリアできるものと思われる。

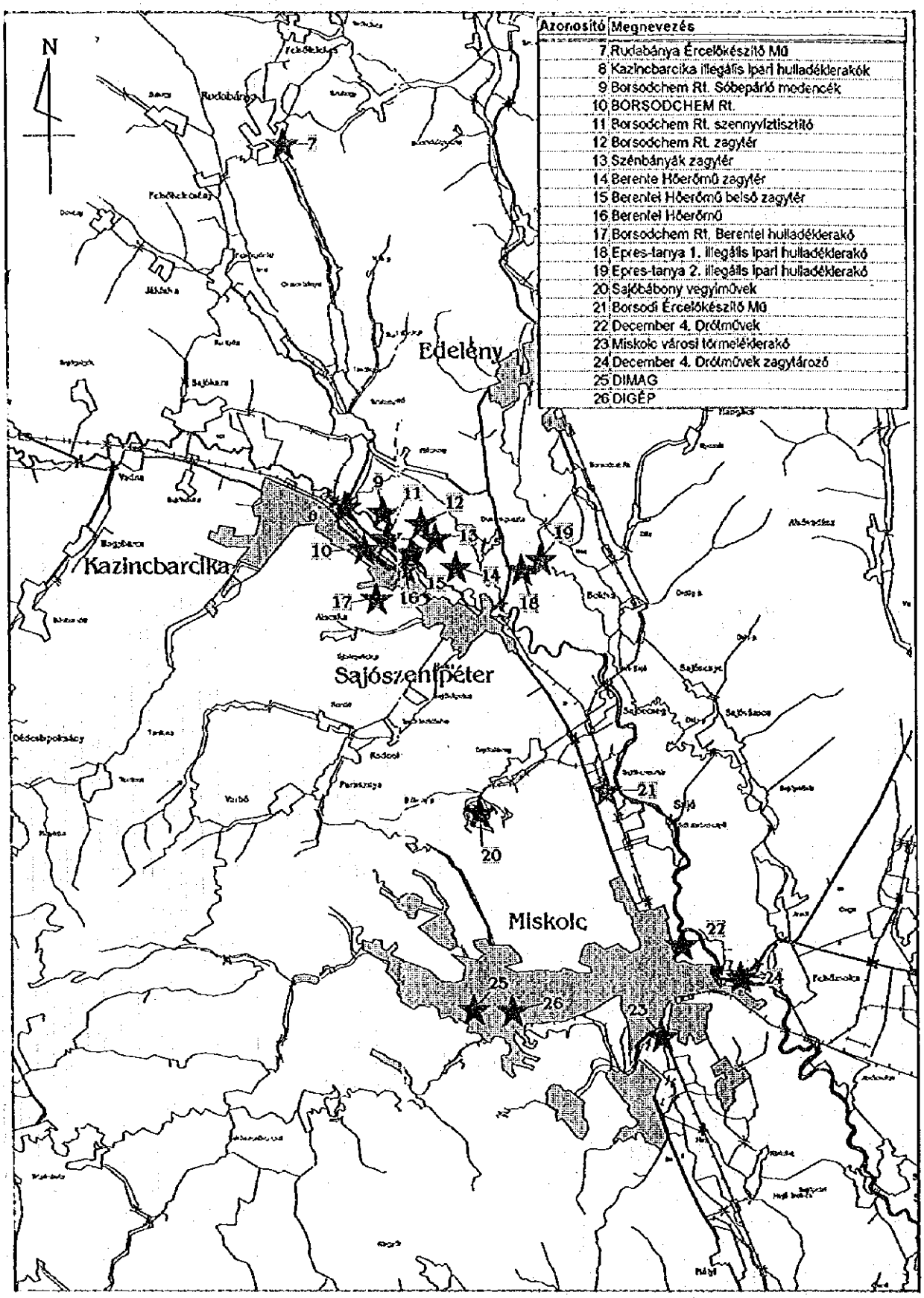


Figure 6.5.10 Main Industrial Waste Disposal Area in the Central Sajo-Valley

6.5.4 植 生

ボルショド発電所等の影響を受けているSajo valleyの中央部は、ほとんどの自然が深刻な被害を受け、大部分は既に消失している。現在、急激な被害は和らぎ、Sajo川のように一部で植生の再生が見られる。

このような状況下において、本件F/S調査が実施された。現在は、植生等自然環境にとってまさに転機であり、十分な現状把握と影響評価がなされ、適切な自然保護対策を実施することが大切である。その意味で、全ての関係者の使命は重大である。

現在考えられている環境保全対策を実施することにより、環境影響を軽減することは可能で、下記の効果が期待できる。

- 残った準自然の植生の存続と改善
- 消失した植生の回復

今後の植生保全の観点からは、単に環境影響の回避・軽減にとどまらず、積極的な環境の創造を行っていく必要がある。

具体的には以下の対策を推奨する。

1) 2005年 1月 1日施行の排出基準をクリアすること
2) 閉鎖式冷却水循環システムの採用による温排水の防止
3) シックスラッジシステムと不透水シートシステムの併用
4) 使用済みスラッジ貯蔵場の覆土と植林による環境の創造
5) Holt-Szuha川とスラッジ貯蔵場の間に湿地帯を造成し、準自然自生地を創造する。少ない予算で可能であり、次のような利点がある。

   - 生物学的に水質汚濁を軽減することが可能
   - ボルショド発電所の環境保全の観念を象徴する実例となり、付近住民や地方公共団体に対するピーアールとなる。
   - 灰飛散の一部フィルターとなる。
   - 自然保護活動に対する意思表示となる。

6) ボルショド発電所再建に伴い発生する多量の廃棄物の適切な処理対策（自然環境に新たな被害を与えない）

6.6 環境保全対策

6.6.1 環境保全対策

(1) 大気保全対策

石炭火力発電所から排出される主な大気汚染物質として、SO_2、NOx、ばいじん等があり、その対策が必要となる。

SO_2及びNOxの主な対策案として、燃焼設備自体で同時に削減可能な流動床燃焼、微粉炭燃焼に排煙脱硫脱硝装置を付加する方法、燃焼法の改善によるNOx対策、石炭から天然ガスに燃料転換する方法に大別される。SO_2及びNOxに対する主な大気保全対策の概要を表6.6.1に示す。

フライアシュ等排ガス中のばいじん対策としては、乾式法としてサイクロン、EP、バグフィルタ、湿式法として洗浄塔、水膜式EPがある。火力発電所では、圧力損失が少なく、捕集粒径範囲が広く、高い集じん率が得られ、かつ装置に対する信頼性が高く、保守の容易な乾式EPが採用されている。

煙突からの排ガス突出速度が風速より小さい場合、煙は煙突の背後に生じる渦に巻き込まれ（ダウンウォッシュ）、煙突周辺の地上に高濃度汚染が出現することがある。その対策として、煙突高度を付近の建造物より一定の割合で高くし、突出速度を少なくとも5～6 m/sより大きくする、煙突出口の形状の工夫する等の方法がある。ダウンウォッシュによる濃度推定には、USAのEPAのGEPモデルを使用して予測することが可能である。

(2) 水質保全対策

石炭火力発電所の建設により、水質関連では、取放水や温排水放流による影響、発電所からの排水による水質汚濁、灰捨場からの余水による環境影響があり、その対策が必要となる。

1) 取放水による河川の流況･水位変化に対する対策

火力発電所では、ボイラ給水や復水器の冷却水等大量の用水を必要とし、流量の少ない河川から取水する場合には、河川の流況や水位の変化、生態系への影響が考えられる。その影響をできるかぎり少なくする方法として、冷却水を循環再利用するクローズドシステム冷却塔の設置が考えられる。

表 6.6.1　SO_2 及び NOx に対する石炭火力発電所の大気保全対策(1)

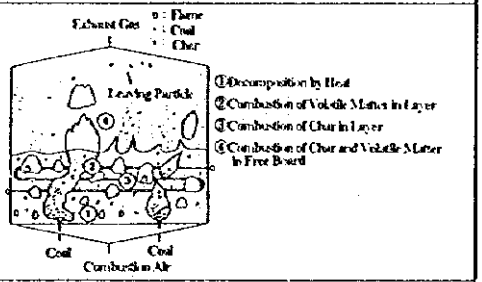
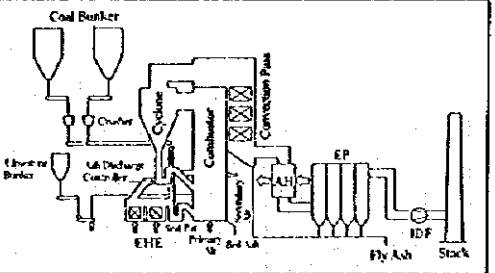
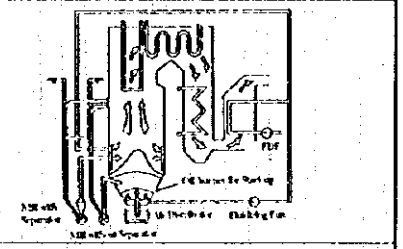
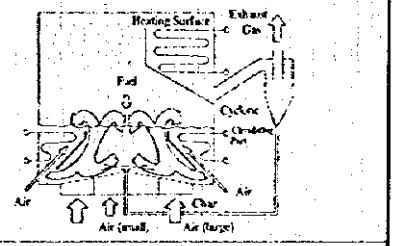
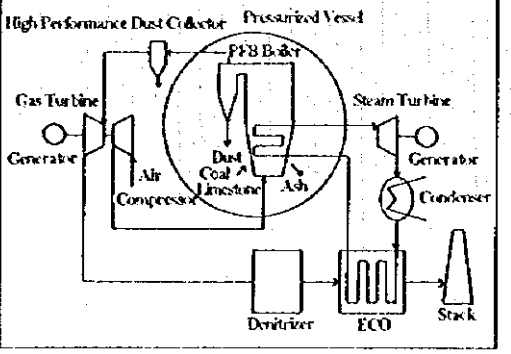
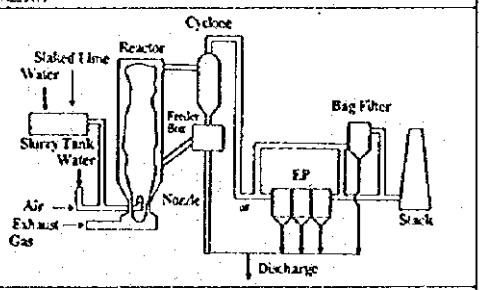
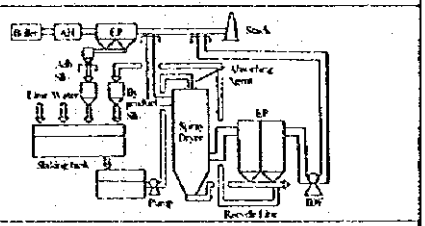
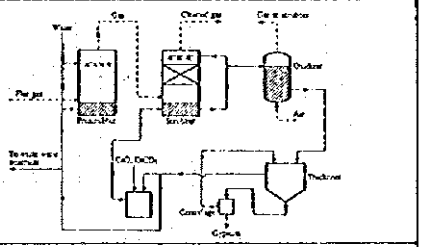
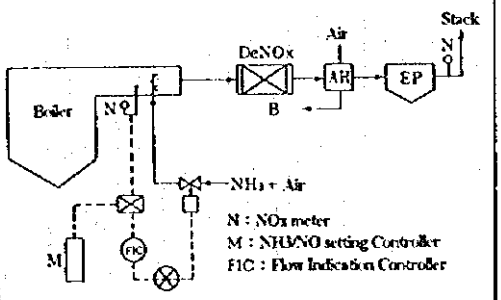
対策			削減効果	特徴と問題点	
燃焼設備	流動床	共通	SO_2、NOx 両方に削減効果あり	流動床燃焼は、粗粉砕（最大 25～30 mm 程度以下）した石炭を流動媒体（石灰石、砂等）とともに 800～900℃の低温で燃焼させ、流動床内及び対流部に伝熱部を配置、熱回収するものである。従来の微粉炭燃焼ﾎﾞｲﾗに比べ路内での脱硫、二段燃焼による NOx 発生量の低減、低品位炭の使用を含む炭種範囲が広く、かつ粉砕装置が簡略となり、ﾎﾞｲﾗの小型化、ﾊﾟｯｹｰｼﾞ化が可能である。	
		BFBC	SO_2、NOx 両方に削減効果あり	固体粒子層を下から燃焼空気を吹き上げることで流動化させると、燃焼ｶﾞｽは固体粒子層の中で気泡（ﾊﾞﾌﾞﾙ）を形成しながら上昇する。この気泡の上昇運動により粒子層はｶﾞｽと激しく撹拌し、流動層を形成する。流動床燃焼開発の初期のﾀｲﾌﾟ。問題点として、粗粒石灰石の気孔閉塞、石灰石の粉化及び飛出しにより石灰石利用率の低下、還元雰囲気下での石膏の熱分解があげられる。	
		CFBC	SO_2、NOx 両方に削減効果あり	BFBC では流動層とそのﾌﾘｰﾎﾞｰﾄﾞとの間に明確な界面が存在するが、飛出し粒子による燃焼効率の低下という問題点を含んでいる。CFBC では燃焼室から飛散した未燃粒子を出口側のｻｲｸﾛﾝにより捕集し、燃焼室へ戻し、飛散粒子を何度も循環させる。CFBC の特徴は、飛出し粒子の再循環により石灰石利用率が高く、炉内の高ﾎｰﾙﾄﾞｱｯﾌﾟ及び石灰石の高利用率によって SO_2 の発生を低く抑えることである。	
		HFBC	SO_2、NOx 両方に削減効果あり	HFB ﾎﾞｲﾗは、BFBC の一種で、既存の微粉炭燃焼ﾎﾞｲﾗの下部を改良し、3 分割された風箱、多数のﾉｽﾞﾙ、押込みﾌｧﾝを取付け、炉底部に流動層を形成する。流動物質が激しく循環するため層内温度が均一化されるが、同時にこの循環流が層内伝熱管の磨耗の原因になっている。ｺｽﾄ的に安価であるが、脱硫率があまり高くない。	
		ICFB	SO_2、NOx 両方に削減効果あり	基本的に BFB ﾎﾞｲﾗの概念を継承する一方、流動層内に主燃焼室と熱回収室とに傾斜仕切壁にて区分し、流動媒体にｹｲ砂を使用して、主燃焼室内に旋回流を、主燃焼室と熱回収室の間には循環流を形成させ、内部で循環させるものである。流動媒体にｹｲ砂を使用できるため、層高維持が容易で、石灰石の利用率が向上する。また、層温変化が少ないため脱硫脱硝特性がよい。	
		PFBC	SO_2、NOx 両方に削減効果あり、NOx の削減効果は大	加圧下で運転する BFB ﾎﾞｲﾗは、流動層高が 4 m と高い流動床（石炭、灰、脱硫剤の混合物）を形成、約 850℃、6～20 気圧の加圧下で石炭を燃焼するもので、燃焼時に発生する SO_2 を高い効率で除去（脱硫剤として石灰石；利用率は 80～90 %と高効率）できる。また、排ｶﾞｽｴﾈﾙｷﾞｰでｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝを駆動し、加圧用ｺﾝﾌﾟﾚｯｻの動力源とするとともに、層内燃焼熱の熱交換によって得られた水蒸気で蒸気ﾀｰﾋﾞﾝを回し、ｺﾝﾊﾞｲﾝﾄﾞｻｲｸﾙを形成できるため、39～44 %の高効率の発電が可能である。SO_3 生成の抑制が必要なこと、ｺｽﾄが高いことがﾏｲﾅｽ点である。	

表 6.6.1　SO_2 及び NOx に対する石炭火力発電所の大気保全対策(2)

対策			削減効果	特徴と問題点	
排煙脱硫装置	半乾式	GSA	SO_2 削減効果大	GSA は主に反応塔とｻｲｸﾛﾝから構成される。反応塔で石灰をｽﾗﾘｰ状にして煙道ｶﾞｽに噴霧、ｻｲｸﾛﾝで回収後さらに反応塔に戻し、何度も再循環させるため、石灰の利用率が高く脱硫率は 90 %以上に達する。噴霧された石灰ｽﾗﾘｰの水分は瞬時に蒸発するため、乾燥副産物を電気集じん機あるいはﾊﾞｸﾞﾌｨﾙﾀで捕集するが、ﾊﾞｸﾞﾌｨﾙﾀの方が脱硫率が高い。HF や HCl、水銀やひ素等の有害物質の除去も可能である。	
		ｽﾌﾟﾚｰﾄﾞﾗｲﾔ	SO_2 削減効果あり	脱硫剤を含んだｽﾗﾘｰを 150～250℃の吸収塔内にｽﾌﾟﾚｰし、生成する $CaSO_3$ をｶﾞｽの熱と反応熱とで乾燥させ、粉末状の生成物を集じん機で捕集する方法である。ﾌﾟﾛｾｽが簡単で比較的経済性に優れるが、石灰石の利用率が低いため、脱硫性能が若干劣る。脱硫率を高めるため、一部ﾌﾗｲｱｯｼｭ及び副産物をﾘｻｲｸﾙする方法もある。	
	湿式		SO_2 削減効果大	湿式 FGD のほとんどは石灰石-石膏法で、原理は排ｶﾞｽ中に石灰石ｽﾗﾘｰをｽﾌﾟﾚｰし、硫黄酸化物を吸収させ脱硫を行う方法である。脱硫率は 90%以上で、長期間安定運転されおり、副生品としての石膏はｾﾒﾝﾄ混和剤や石膏ﾎﾞｰﾄﾞ用として再利用されている。しかし、冷却水等大量の用水を必要とし、加えて、排ｶﾞｽの再加熱装置及び高ﾚﾍﾞﾙの廃水処理が必要であり、ｺｽﾄも高い。	
排煙脱硝装置			NOx 削減効果大	ｱﾝﾓﾆｱを注入して、触媒により NOx を還元し、N_2 と H_2O に分解する SCR 法が石炭火力発電所で実用化されている。SCR 法による排煙脱硝法の特徴は、用水が不要で、副生品もなく、しかも運転が極めて容易なことであるが、問題は SOx やｱﾙｶﾘ金属による触媒の寿命が短いこと、未反応のｱﾝﾓﾆｱが排ｶﾞｽ中の SO_3 と反応して生成する硫安化合物による AH の閉塞である。触媒については、寿命延命のための再活性化技術の開発や低ｺｽﾄの触媒の開発が進められており、また AH の閉塞対策として、できるかぎりﾘｰｸｱﾝﾓﾆｱを低ﾚﾍﾞﾙに抑える試みがなされている。	
低 NOx 燃焼技術			NOx 削減効果あり	ﾎﾞｲﾗにおいて発生する NOx には、燃焼用空気の N_2 の高温酸化により生成する Thermal NOx と燃料中 N 分の高温酸化により生成する Fuel-NOx がある。NOx 発生量と燃料性状の関連は、Thermal-NOx の場合、揮発性物質の低いものほど NOx 発生量が多く、Fuel-NOx の場合は、N 分が高いほど NOx 発生量が多くなるが、石炭は、ｶﾞｽや石油に比べて、NOx の発生量が多くなる性状を有している。NOx は Themal-NOx 及び Fuel-NOx 何れも燃焼方法により発生量が大きく変化する。また、Fuel-NOx の場合も、燃料中の N 分が全て NOx となるのではなく、5～25 %が NOx に転換する。この転換率を低く抑え、また Thermal-NOx の発生量を低く抑えるには、火炎中の酸素分圧を低くし、火炎温度を低くすることが重要である。その方法として、①石炭の燃焼に必要な空気をﾊﾞｰﾅのいくつかの部分に分けて供給し、燃焼初期段階で強制的に還元的雰囲気を形成し、Fuel-NOx の生成を抑制する低 NOxﾊﾞｰﾅの導入、②燃焼用空気を二段階に分けて供給し、一段目で還元雰囲気で燃焼を行わせ、二段目で完全燃焼させる二段燃焼法、③燃焼排ｶﾞｽの一部を燃焼ｿﾞｰﾝに循環させる排ｶﾞｽ再循環法、④その他三段燃焼法による炉内脱硝法等がある。	
天然ｶﾞｽ燃料転換			SO_2 の発生は無い	使用燃料を石炭からｸﾘｰﾝｴﾈﾙｷﾞｰ天然ｶﾞｽに転換する。そのため、SO_2 は発生せず、NOx 対策としては、低 NOxﾊﾞｰﾅ及び EGR を導入する。	

2) 温排水対策

温排水対策として、以下の２点が考えられる。

a) 温排水を排出しない方法として、クローズドシステム冷却塔を設置し、冷却水を循環再利用する。

b) 温排水を直接放流する場合は、地形や漁業等周辺水域の特性を考慮して、取放水温度差を縮小する、取放水流速を遅くする等その影響を最小限にとどめることが重要である。取水対策としては、温排水の再循環による水温上昇を防止する深層取水方式、魚の卵・稚仔の取水取込み影響を抑えるカーテンウォール方式、また放水対策としては、復水器バイパス（混合希釈排水）、温排水の拡散範囲を小さくする水中放流等がある。

3) 発電所からの排水対策

発電所からの排水にあたっては、適切な処理により水質汚濁防止を図ることが求められる。プラント排水は、総合排水処理により、生活排水は浄化槽で処理、灰捨場からの余水は、その成分により物理化学的処理をして放流する等の対策が考えられる。

(3) 廃棄物、土壌及び地下水保全対策

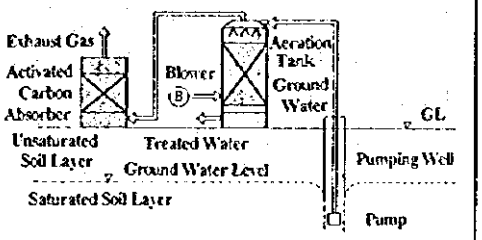
石炭火力発電所から排出される主な廃棄物として、スラグやベッドアッシュ、フライアッシュ等の燃焼残渣、水処理で使用されるイオン交換樹脂の再生で発生する廃酸廃アルカリ、汚泥スラッジ、廃油等があり、その適正管理を怠った場合には、土壌汚染や地下水汚染を引き起こすことになるため、十分な保全対策を行う必要がある。主な土壌及び地下水保全対策を表6.6.2 に示す。

表 6.6.2　主な土壌及び地下水保全対策(1)

対策	保全内容	特徴及び問題点
ｼｯｸｽﾗｯｼﾞ技術	余水の低減による地下水汚染の緩和	石炭火力発電所から発生する大量のｽﾗｸﾞやﾍﾞｯﾄﾞｱｯｼｭ、ﾌﾗｲｱｯｼｭ等の燃焼残渣の輸送方法として、灰と水を 1:2～15 の比率で混合し、配管で灰捨場に圧送するｼﾝｽﾗｯｼﾞ技術(thin sludge technology)がこれまで一般的であったが、ｼﾝｽﾗｯｼﾞによる輸送は、広大な灰捨場が必要であり、輸送水により石炭灰に含まれる重金属やｱﾙｶﾘ類が溶出し地下水汚染や、表面乾燥後石炭灰の飛散による環境影響が大きかった。そのため、ﾖｰﾛｯﾊﾟでは、灰の輸送水量を大幅に減らし、化学的な結合により固化させ、地下水汚染を軽減するｼｯｸｽﾗｯｼﾞ技術(thick sludge technology)の開発を進めている。ｼｯｸｽﾗｯｼﾞ技術は、ｼﾝｽﾗｯｼﾞ技術より輸送水量も少なく、余水量も減少する等環境影響は小さいが、灰と水との混合比が大きく変動するなど開発途上の技術であり、他の保全技術と併用することが必要である。
不透水ｼｰﾄによる遮水工	余水の遮水による地下水汚染の防止	不透水ｼｰﾄを遮水材料として用い、遮水槽を造成し、その中に汚染土壌を封じ込める。不透水ｼｰﾄのうち、合成ｺﾞﾑ系ｼｰﾄ、合成樹脂系ｼｰﾄでは通常厚さ 1 mm 以上のものが、またｱｽﾌｧﾙﾄ系ｼｰﾄでは通常厚さ 3 mm 程度のものが用いられており、現在、材質的には HDPE が、施工では二重にしてより遮水性を高める工法が主流となっている。不透水ｼｰﾄ自体の遮水性は完全であるが、厚さが薄いので破断の危険や接合部の剥離の問題がある。施工にあたっては、大きな礫や突起物を取り除いて、十分締固めて平滑な下地をつくりｼｰﾄを敷設する。必要に応じて、不透水ｼｰﾄに上に排水ﾊﾟｲﾌﾟを設け、余水が生じた場合は、これを検出、排水できるようにする。
ｺﾝｸﾘｰﾄ遮断槽への封込	余水の遮水による地下水汚染の防止	燃え殻、ばいじん、汚泥、鉱さい中に含まれる Hg、Cd、Pb、Cr^{6+}、As、CN、PCB 等有害物質の量が判定基準を越える廃棄物を処理する場合には、周辺の一般環境から汚染土壌を厳重に遮断するため、ｺﾝｸﾘｰﾄを用いて遮断槽を設け、その中に汚染土壌を封じ込める。施工にあたっては、処理施設の周囲に、必要に応じ、集水渠、集水ます等を設置し、雨水が流入、滞水しないよう処理を行う。また、遮断槽の構造は、水密性、耐久性、安全性が必要なことから、定められている構造に関する要件を満足する必要がある。
鉛直遮水工による封込	余水の遮水による地下水汚染の防止	鉛直遮水工による封じ込めには、①鋼矢板及び粘土の併用による遮水工、②ｺﾝｸﾘｰﾄ地下連続壁及び不透水ｼｰﾄの併用による遮水工の 2 通りの工法がある。①は鋼矢板及び粘土を遮水材料として用い、遮水槽を造成し、その中に汚染土壌を封じ込める。鋼矢板工法は、地盤が沖積世の粘土、ｼﾙﾄ等の軟弱層や締まりの緩い砂、あるいは細礫混じりの砂の場合に有効な工法である。②はｺﾝｸﾘｰﾄ地下連続壁及び不透水ｼｰﾄを遮水材料として用い、遮水槽を造成し、その中に汚染土壌を封じ込める工法である。
土壌掘削法	汚染物の除去	汚染土壌を掘削し、掘削した汚染土壌を現地又は現地外において風力乾燥、加熱処理等により対象物質の除去回収を行うものである。掘削範囲を適切に設定すれば、処理効果は確実であり比較的短期間に実施できる。

Sealing Works by both Steel Sheet Pile and Clay

表 6.6.2　主な土壌及び地下水保全対策(2)

対策	保全内容	特徴及び問題点
遮水壁	汚染地下水の拡散防止	遮水壁は土壌・地下水が高濃度に汚染されている場所から対象物質が拡散するのを防止するため、鋼矢板等で囲い込むものであり、現地及びその周辺地の地層の状況、帯水層の分布、地下水の流動等を考慮して不透水層まで設置する。遮水壁の構造には、鋼矢板、連続地中壁、ｾﾒﾝﾄ･ﾓﾙﾀﾙ壁等があるが、これらの構造は遮水精度、地層の特性、設置する深さに応じて決定する。
地下水揚水法	汚染地下水からの汚染物質の除去	汚染地下水を揚水し対象物質を除去、回収することにより地下水及び土壌の処理を行うものである。揚水井戸の設置状況や地下水の流動状況によっては飽和帯下部の不透水層(粘土層等)上部に滞留した原液状の対象物質を回収できる場合もある。また、低濃度の汚染地下水の揚水は効率的でない場合もある。ただし、対象物質を確実に除去、回収できる。揚水井戸は、汚染地下水が広域に拡散するのを防止することを目的とするﾊﾞﾘｱ井戸としての効果をもたせることもできる。揚水した汚染地下水の処理方法としては、ばっ気処理及び活性炭に吸着処理があるが、高濃度に汚染された地下水の処理としては、ばっ気処理が一般的である。 
覆土植栽工	汚染物質の飛散防止	覆土は、汚染されていない植物の生育に適した土壌を用いる。覆土の厚さは一般に 50～60cm 以上とするが、植栽される樹木等の種類によっては 1.5～2m の厚さが必要である。遮断工及び遮水工の上部に覆土を行う場合は、雨水等が滞留しないように傾斜をつける。植栽工には、草本によるもの、樹木によるものがあるが、早急に緑化を図る必要がある場合は、通常、草本類を用いた植栽工を採用する。植栽工の代表的工法としては、種子散布工、植生ﾏｯﾄ工、張芝工がある。
廃酸･廃ｱﾙｶﾘの処分	塩分の地下浸透の防止	廃硫酸、廃塩酸、各種の有機廃酸類等すべての酸性廃液、廃ｿｰﾀﾞ類、金属石鹸液等すべてのｱﾙｶﾘ性廃液は、埋立処分せず中和槽で中和処理した後、公共用水域に排出する。
その他	汚染物質の飛散防止	散水、防水ｼｰﾄ等による被覆、防風ﾈｯﾄの設置
	ﾘｻｲｸﾙ業者への売却	洗炭ｽﾗｯｼﾞ、廃油等のﾘｻｲｸﾙ可能な廃棄物を専門の業者へ売却する。
	処分業者への依頼	有害物質の処理にあたっては、その輸送･処理･無害化に関する認可を受けた専門業者に依頼する。

6.6.2 環境保全対策の評価

(1) 大気保全対策の評価

ボルショド発電所から排出される主な大気汚染物質として、SO_2、NOx、ばいじん等があり、その対策が必要となる。

前節で提示したSO_2およびNOxに対する大気保全対策のボルショド発電所への適用の可能性について検討した。その結果を表6.6.3 に示す。

表6.6.3　SO_2およびNOxに対する大気保全対策のボルショド発電所への適用の可能性

対策			新既	可能性	根拠
燃焼設備	流動床	BFBC	新設	△	現在では BFBC から様々なﾀｲﾌﾟへと発展しているため、技術的に一つ前の時代のものをﾎﾞﾙｼｮﾄﾞ発電所に適用するのは、ﾊﾝｶﾞﾘｰ側の技術の蓄積という観点から考えにくい。
		CFBC	新設	◎	SO_2および NOx 対策が同時に可能である、技術的に成熟段階にある、CFBC の経験はないためﾊﾝｶﾞﾘｰにとり技術の蓄積となる等の理由により最適と考えられる。
		ICFB	新設	×	1987 年に開発され、現在蒸発量 70 t/h の産業用ﾎﾞｲﾗに適用されているが、ﾎﾞﾙｼｮﾄﾞ発電所の場合は 460 t/h とその規模が全く異なるため、その適用は技術的に不可能である。
		PFBC	新設	×	流動床ﾎﾞｲﾗでは最先端の技術であるが、ｲﾆｼｬﾙｺｽﾄが大きく、ﾎﾞﾙｼｮﾄﾞ発電所への適用は不可能である。
		HFBC	既設	×	ﾎﾞﾙｼｮﾄﾞ発電所の既存ﾕﾆｯﾄの改善案とし候補にあげられたが、2004 年発効の排出基準を満足できないため、ﾎﾞﾙｼｮﾄﾞ発電所への適用は不可能である。
脱硫装置	半乾式	GSA	既設	○	半乾式 FGD の中では、技術的･空間的･経済的すべての面で優れており、ﾎﾞﾙｼｮﾄﾞ発電所の SO_2 対策として適用するかどうかは他の要因に左右される。
		ｽﾌﾟﾚｰﾄﾞﾗｲﾔ	既設	×	半乾式 FGD を導入する場合、ｽﾌﾟﾚｰﾄﾞﾗｲﾔより GSA の方が優れている。
	湿式		新設	△	Sajó 川の流量が少なく、できるかぎり取水量を抑えるため、他の SO_2 対策の方が望ましい。
排煙脱硝装置			両方	×	他に SO_2 対策を行う必要があり、またｺｽﾄ的に不可能である。
低 NOx 燃焼技術			既設	◎	既設ﾕﾆｯﾄを天然ｶﾞｽ燃料に転換した場合、NOx 対策として低 NOxﾊﾞｰﾅおよび EGR による低 NOx 燃焼技術の適用が考えられる。
天然ｶﾞｽ燃料転換			既設	◎	天然ｶﾞｽの供給状況から、ﾎﾞﾙｼｮﾄﾞ発電所の既設ﾕﾆｯﾄへの適用は十分可能である。上記低 NOx 燃焼技術を併用する。

凡例 ；ボルショド発電所への適用の可能性として、◎非常に大きい、○可能性あり、△困難、×可能性なし

本調査では、新設ユニットについてはCFBとその代替案であるPCF＋FGD、既設ユニットについては天然ガスへの燃料転換とその代替案であるPCF＋GSA、それぞれのフィージビリティの検討が行われた。新設および既設ユニットの各大気保全対策について行った評価を以下に示す。

1) 新設ユニット

CFBとその代替案であるPCF＋FGDを比較すると、

a) CFBは燃焼設備自体で炉内脱硫および低NOxが可能であるため、他に大気保全対策用の付帯設備が必要ない。
b) 湿式FGDは冷却水等大量の処理水を使用するため、新設ユニットの冷却水に加え、FGD用としてSajó川からの取水量をさらに増やす必要があり、特に流量が極端に減少する夏季は環境や生態系に多大なる影響を引き起こす。
c) 湿式FGDは脱硫後さらに高レベルの廃水処理が必要となる。

等、ボルショド発電所のケースでは、CFBの方がより環境にやさしいと考えられ、炉内脱硫によりSO_2を低減し、燃焼特性によりNOxの発生を抑制するCFBをSO_2およびNOx対策とする。

ばいじん対策としては、乾式EPを設置する。

CFBの適用による主な大気汚染物質の排出濃度は、標準状態・酸素濃度6％で以下の通りとなり、2005年に導入予定の排出基準を十分満たす。

SO_2： 最大400 mg/Nm^3
NOx： 最大200 mg/Nm^3
CO： 最大250 mg/Nm^3
ダスト： 最大50 mg/Nm^3

煙突については、ダウンウォッシュ対策として煙突の高さを130 mとする。

2) 既設ユニット

天然ガスへの燃料転換とその代替案であるPCF＋GSAを比較すると、

a) GSAは、石灰スラリー用水としてタービン冷却水を利用することでSajó川の取水量をできるかぎり減らすことが考えられるが、SO_2との反応により生成した廃棄物の処理・輸送について考慮する必要がある。
b) 天然ガスへの燃料転換は、NOx対策として低NOxバーナとEGRの併用により、排出基準を満たす。

上記2案の選択については、環境への配慮だけでなく、燃料の入手性、経済性、ハンガリーの実情を考慮して、天然ガスへの転換を提言する。

ばいじん対策については、天然ガスに燃料転換後は考慮する必要はないが、現地調査期間中、煙突から相当量のばいじんが排出されているのが確認されていることから、既設ユニット改善までの期間について、現在のEPの性能を向上させる必要がある。

既設ユニットの改善による主な大気汚染物質の排出濃度は、標準状態・酸素濃度 3 %で以下の通りとなり、2005年に導入予定の排出基準を十分満たす。

SO_2：　最大35 mg/Nm³
NOx：　最大200 mg/Nm³
CO：　最大100 mg/Nm³
ダスト：最大5 mg/Nm³

(2)　水質保全対策の評価

ボルショド発電所から排出される排水の環境に与える影響としては、冷却水等大量の水をSajó 川から取水することで引き起こされる流況・水位の変化、温排水による水温の上昇、発電所からの排水およびスラッジ貯蔵場からの余水の河川流入による水質汚濁が考えられ、その対策を行う必要がある。

夏のSajó 川の流量は極端に減少するため、できるかぎり取水量を抑制することが重要である。

新設ユニットは復水モードで運転が行われるため冷却装置が必要となり、その冷却水を全量Sajó 川から取水し、温排水を放流すると、Sajó 川の流況・水位・水温、生態系に大きな影響を及ぼすことになる。Sajó 川の取水および温排水による影響を最小限に抑えるため、クローズドシステム冷却塔を設置し、循環再利用することにより、Sajó 川の生態系に与える影響を軽減する。

ガレージや洗車により雨水排水管に排出される油分は、オイルトラップピットにより回収されているが、その能力を向上させる必要がある。

スラッジ貯蔵場から河川に流出する余水については、スラッジ貯蔵場底部に不透水シートによるしゃ水工を敷設し、余水回収用配管を設け、回収した余水はスラッジ輸送水として再利用する。

(3)　廃棄物、土壌および地下水保全対策の評価

現在あるいは将来の拡張に伴いボルショド発電所から排出される主な廃棄物としては、石炭の燃焼残渣であるスラグやベッドアッシュ、フライアッシュ、ボイラ給水で使用されるイオン交換樹脂の再生過程で発生する廃酸・廃アルカリ、洗炭工場で発生する洗炭スラッジなどがあげられる。洗炭スラッジについては、洗炭工場が1997年中に閉鎖される予定であるため、将来排出されることはなくなる。これらの廃棄物の各貯蔵ブロックを図6.6.1に示す。

上記の廃棄物のうち最も発生量の多い燃焼残渣の対策について、6.6.1 節で示した主な土壌および地下水保全対策のボルショド発電所への適用の可能性を検討した。その結果を表 6.6.4 に示す。

表 6.6.4　土壌および地下水保全対策のボルショド発電所への適用の可能性

対策	可能性	根拠
ｼｯｸｽﾗｯｼﾞ技術	◎	ｼﾝｽﾗｯｼﾞ技術による輸送より環境面でもｺｽﾄ的にも優れているが、開発途上の技術であるため、他の保全対策と併用するする必要がある。
不透水ｼｰﾄによる遮水工	◎	ｽﾗｯｼﾞ貯蔵場からの余水を完全に防止することで、地下水汚染を抑制する。ﾊﾝｶﾞﾘｰで十分適用可能な技術である。
ｺﾝｸﾘｰﾄ遮断槽への封込	×	有害物質を対象とした対策。ﾊﾝｶﾞﾘｰでは 1995 年 6 月の廃棄物証明委員会の会議で、固化した灰は有害廃棄物でないとの結論が出されており、このｹｰｽでは過剰設備となる。また、ｽﾗｯｼﾞ貯蔵場の面積が広大なため、ｺﾝｸﾘｰﾄ遮断槽内にｽﾗｯｼﾞを封じ込めることは現実的に不可能である。
鉛直遮水工による封込	×	ｽﾗｯｼﾞ貯蔵場の面積が広大なため、周囲すべてに遮水工を設けることは現実的に不可能である。
土壌掘削法	×	ｽﾗｯｼﾞ貯蔵場が広大なため適用不可能、ただしｴﾘｱが限定されており局部的な廃棄物や汚染土壌対策には有効である。
遮水壁	×	地下水汚染を遮断する方法であるが、地下水を遮断した場合の二次的影響を考慮する必要がある。水源 I の上流に遮断壁を設けた場合、その上流部に Borsodchem Co.が投棄した廃棄物があり、せき止められた地下水により、廃棄物から有害物質が溶出する可能性がある。
地下水揚水法	×	地下水汚染は低濃度かつ広範囲なため、地下水揚水法の適用は困難である。
覆土植栽工	◎	ｽﾗｯｼﾞ貯蔵場および洗炭ｽﾗｯｼﾞ使用終了後の灰の飛散防止策として有効である。

凡例 ；ボルショド発電所への適用の可能性として、◎非常に大きい、○可能性あり、△困難、×可能性なし

1)　シックスラッジ技術と不透水シートによる遮水水工の併用

既設の微粉炭燃焼ボイラの石炭灰には、ボイラ底部に堆積したスラグおよび ECO や EP から排出されるフライアッシュの 2 種類の灰がある。それに対して、新設 CFB ユニットからはベッドアッシュおよびフライアッシュが排出されるが、微粉炭燃焼の灰とは、その燃焼温度が異なり、また CFB が脱硫剤として石灰石が添加されていることから、その組成が大きく異なる。CFB のベッドアッシュには、$CaSO_4$（石膏）や $CaSO_3$、未反応の CaO が含まれる。

ハンガリーでは CFB に関する経験がなく、ベッドアッシュの成分や流動特性について十分な知見がないため、Ajka 発電所のハイブリッドボイラで Lyuko 炭を使用し燃焼実験が行われ、

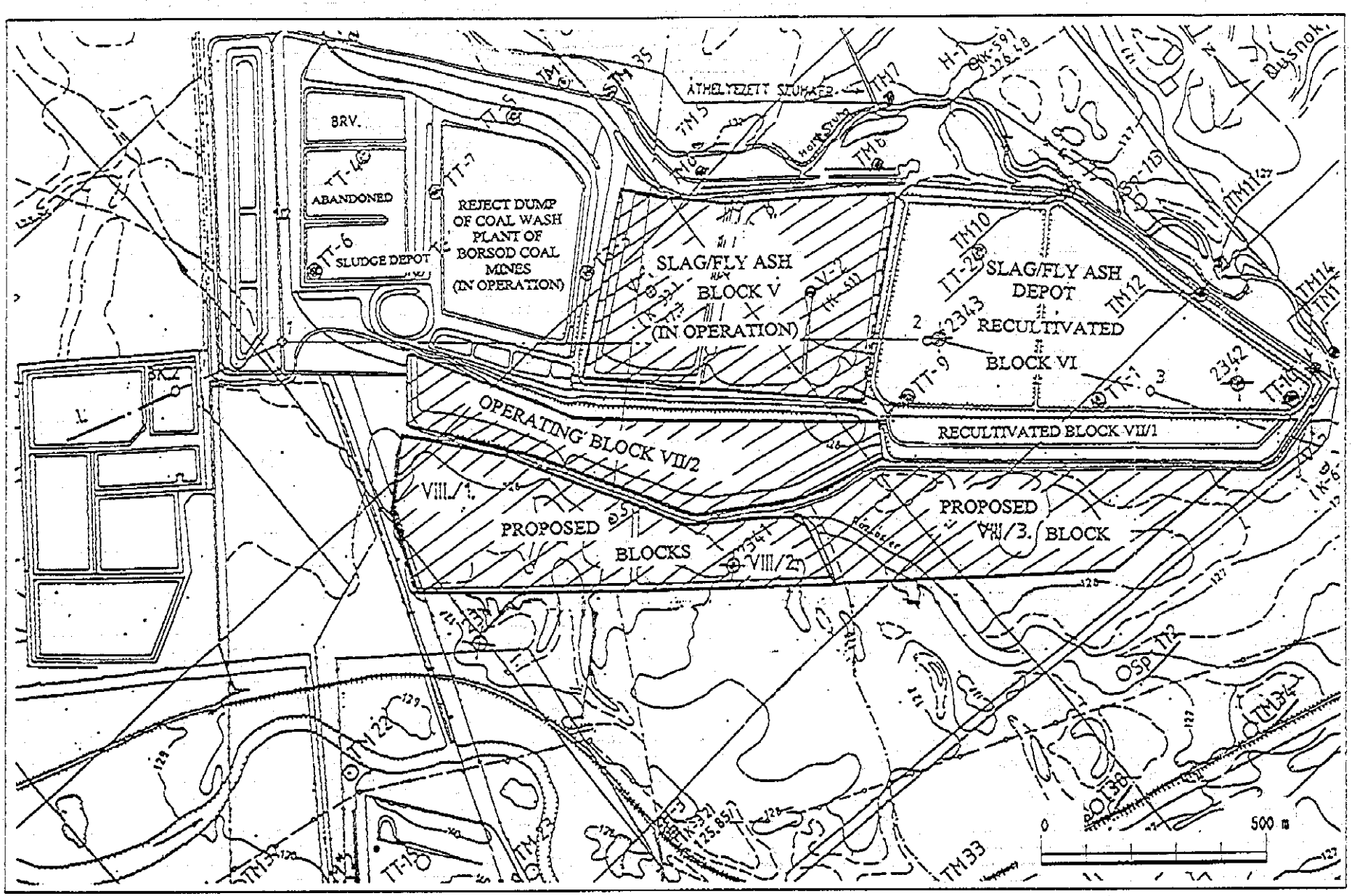


Figure 6.6.1 Layout of Sludge Storage Area

その時燃焼残渣の溶出試験が実施された。ボルショド発電所の監督官庁であるEKFが出した1995年9月1日付決定書によると、この試験後に開かれた1995年6月27日の廃棄物証明委員会の会議で、固化した灰は有害廃棄物でないとの結論が出されているが、EKFでは、気象の影響、運転状況下で生成される灰の量、その物理的特性を把握するため、再度試験をするよう要求しており、同時に、技術的な保護が施され、試験が実施された区域にのみ投棄できるとの立場を取っている。

また、新設のスラッジ貯蔵場の条件として、EKFおよび水管理局は、① 34.2 haのスラッジ貯蔵場から地中に浸透できる水量は10 m³/日、② 底部に不透水シートを敷設する、③ 堆積できる高さは14 m、という3つの点について指導を行っている。しかしながら、その有効期間が2年間であり、発電所側がその使用認可を受けてから2年以上が経過しているため、新たに取得する必要がある。

現在、ボルショド発電所では、燃焼残渣の輸送方法をシンスラッジ技術からシックスラッジ技術に変更し、微粉炭の燃焼残渣をスラッジ貯蔵場に輸送している。スラッジ貯蔵場までのシックスラッジの輸送状況を確認するため、調査団は、第1次、第2次、第3次現地調査時に輸送管出口におけるスラッジのサンプリングを行った。スラッジ中の固形物質と水との混合比率は以下の通りである。

第1次現地調査時	1 : 5～7
第2次現地調査時	1 : 2
第3次現地調査時	1 : 24

上記の通り、混合比率はかなり変動していることがわかったため、シックスラッジの経時変化をみるため、2月27日13～17時まで約30分おきに連続的にサンプリングを行った。その結果を表6.6.5に示す。

表6.6.5　シックスラッジの輸送状況の経時変化

	時刻	固形物質と水との混合比
1	13:05	1:8
2	13:21	1:1.9
3	13:52	1:1.5
4	14:13	1:1.5
5	14:33	1:1.5
6	14:53	1:2.3
7	16:13	1:1.6
8	16:33	1:1.9
9	16:53	1:1.5

以上のことから、微粉炭の燃焼残渣については、1:1.5程度の混合比率で輸送することも可能であるが、時間的な変動も大きく、シックスラッジではなくシンスラッジとして輸送されているケースも多いといえる。

上記のEKFの決定書の中に示されている要求事項に対して、発電所側は、現在、スラッジ貯蔵場に100 m²の実験区域を設け、二層の遮水シート（下層にHDPE、上層に保護シート）を敷設して、シックスラッジの余水浸出試験を行っている。その概要を以下に示す。

a) 実験の目的

シックスラッジの環境に与える影響を把握するため、シックスラッジの堆積過程における輸送水の挙動およびその状態、スラッジ固化後の表層滞水の挙動およびその状態、雨水や凍結による影響等を、ラボ実験およびスラッジ貯蔵場に設けられた試験区域による実験を基に、その短期・中期・長期的影響について検討する。

b) ラボ実験

輸送用として調整されたシックスラッジを用いて、以下の項目について知見を得る。

・スラッジの密度
・固形物質と水分との混合比
・蒸発による損失水
・浸透係数
・成分分析
・その他

c) スラッジ貯蔵場におけるブロック実験

スラッジ貯蔵場に広さ100 m²の実験場を設け、底部に遮水シートを敷設すると同時に余水を捕集するための排水管を設置し、余水およびスラッジに関して以下の項目について検討する。

・余水量の経時変化
・滞水の浸透状況
・雨水および凍結の影響
・蒸発量推定のための温度測定
・スラッジの密度
・保水および損失水
・固形物質と水分との混合比
・浸透係数
・成分分析
・その他

d) スケジュール

実験は、短期・中期・長期に分けて実施する。

i) 短 期

・フェーズ1では、50 cm の高さまでスラッジを堆積させ、その後5～10 cm 滞水させ、余水の量および成分、スラッジの成分を把握する。

・フェーズ2では、100 cm の高さまでスラッジを堆積させ、その後5～10 cm 滞水させ、余水の量および成分、スラッジの成分を把握する。

ii) 中 期

・フェーズ1では、降水量および気温を観測し、その影響について検討する。

・フェーズ2では、150 cm の高さまでスラッジを堆積させ、その後5～10 cm 滞水させ、余水の量および成分、スラッジの成分を把握する。

iii) 長 期

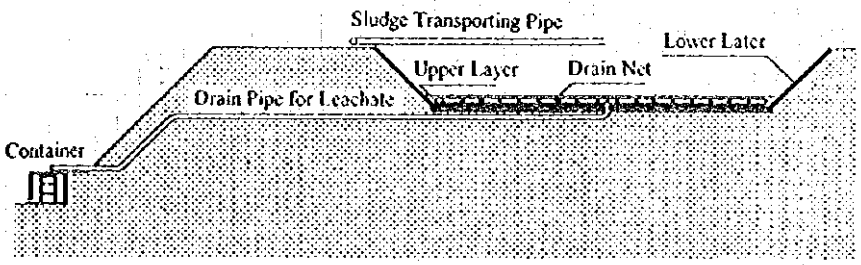
・モニタリング井戸の水位および水質の測定

シックスラッジの余水浸出試験の概念図を図6.6.2 に示す。

上記実験のうち短期実験のフェーズ1については、1996 年 12 月にすでに実施され、取りまとめも含めた実験全体のスケジュールは約1年となっており、1998 年3月に完了する予定である。

第3次現地調査時に発電所側から提示されたシックスラッジおよび余水の成分分析結果を表6.6.6 に示す。

水と灰との混合比率を表6.6.7 に示す。



Area: 10 x 10 m
Thickness of Lower Layer : 2 mm

Figure 6.6.2 Experimental Area Laid by Impermeable Sheet

表6.6.6 シックスラッジおよび余水の成分分析結果

	SO_4^{2-} (mg/l)	溶解性物質 (mg/l)	pH	硬度** (mg/l)	導電率
輸送前のｼｯｸｽﾗｯｼﾞ (1ｻﾝﾌﾟﾙ)	1,690	4,026	12.0	1,000	-
輸送管排出時のｼｯｸｽﾗｯｼﾞ(2ｻﾝﾌﾟﾙ)	1,352	2,500	7.8*	-	-
余水	1,299	2,168	8.9*	-	-

* 発電所側によると計測ミス

** EP、ECO、スラグの灰を混合して行った別の実験値、ドイツ硬度を使用。スラッジ（ドライ）と水の混合比は1 kg：6 kg、混合時間は3時間。

表6.6.7　水と灰との混合比率

	混合比率	灰(ﾄﾞﾗｲﾍﾞｰｽ)*	水
1	1.277 kg/l	578 g	699 g
2	1.29 kg/l	580 g	710 g

* 100℃で乾燥、多少水分が残留

上記の実験結果は、スラッジおよび余水の濃度だけを測定しただけで、余水量についてのデータがないため、汚染物質の全体の量が把握されていない。発電所側は1年を通しての実験としているが、今回の実験は短期のフェーズ1の計画内容と比較して、濃度についても分析項目が不十分であり、実験計画と実験内容の解離も見られるため、今回の実験結果は不十分といえる。

ボルショド発電所の新設ユニットから排出される燃焼残渣はベッドアッシュおよびフライアッシュであるが、上記のように微粉炭燃焼のスラグやフライアッシュとその組成が異なることから、シックスラッジ中の余水の挙動や特性は、現在の実験から得られた知見とかなり異なることが予想される。また、既存ユニットに関しては、将来天然ガスに燃料転換される予定であるため、微粉炭燃焼ボイラの燃焼残渣のシックスラッジによる輸送は、既存ボイラの改善までということになる。

発電所側は、EKFの決定書にも記載されていることから、新設CFBユニットから排出されるベッドアッシュおよびフライアッシュをシックスラッジで輸送し、スラッジ貯蔵場に遮水シートを敷設する予定である。しかし敷設するシートは、約2年分のスラッジ量に相当する約5haのみであり、その2年間でスラッジの余水に関する知見を蓄積し、それ以降はシックスラッジのみでシートを敷設しない方向で考えている。

しかし、上記したようにシックスラッジによる輸送技術は、①水と灰との混合比が常に変動していること、②PCFとCFBの灰とではその流動特性および固化状況が異なることからまだ技術的に完成の域に達していないと考えられる。調査団としては、さらなる地下水汚染を引き起こさないように、シックスラッジ技術による輸送とスラッジ貯蔵場すべてにシートの敷設を併用することを提言する。

スラッジの余水については排水管により回収し、すでに設置されているスラッジ貯蔵場から発電所までの配管を利用し、輸送水として再利用することが考えられる。

スラッジ余水回収タイプ不透水シートによる遮水工の仕様を以下に示す。

・下層：　HDPE厚さ1.5 mm
・中層：　PE排水ネット
・上層：　200 g/m² Geo-textile
・面積：　34.2 ha

・ポンプ： V = 50 m^3/h、P = 6 kW
・余水溜： 4 m^3 x 5
・スラッジ貯蔵場から発電所までの配管：既存の配管を補修し再利用する。

不透水シートの敷設計画図を図6.6.3 に示す。

スラッジによるさらなる地下水汚染を防止するため、既設ユニットから排出されるスラッジを新設CFBユニット用スラッジブロックで受け入れられるように、不透水シートの敷設開始については、1997 年からとする。

施工法については、34.2 ha すべてに不透水シートを敷設すると紫外線や大気中のオゾンの影響により劣化するため 6 年程度毎に拡張し、また、同理由によるのり面劣化防止のため、不透水シートが空気に触れないよう保護する。

2) 廃酸廃アルカリの処理

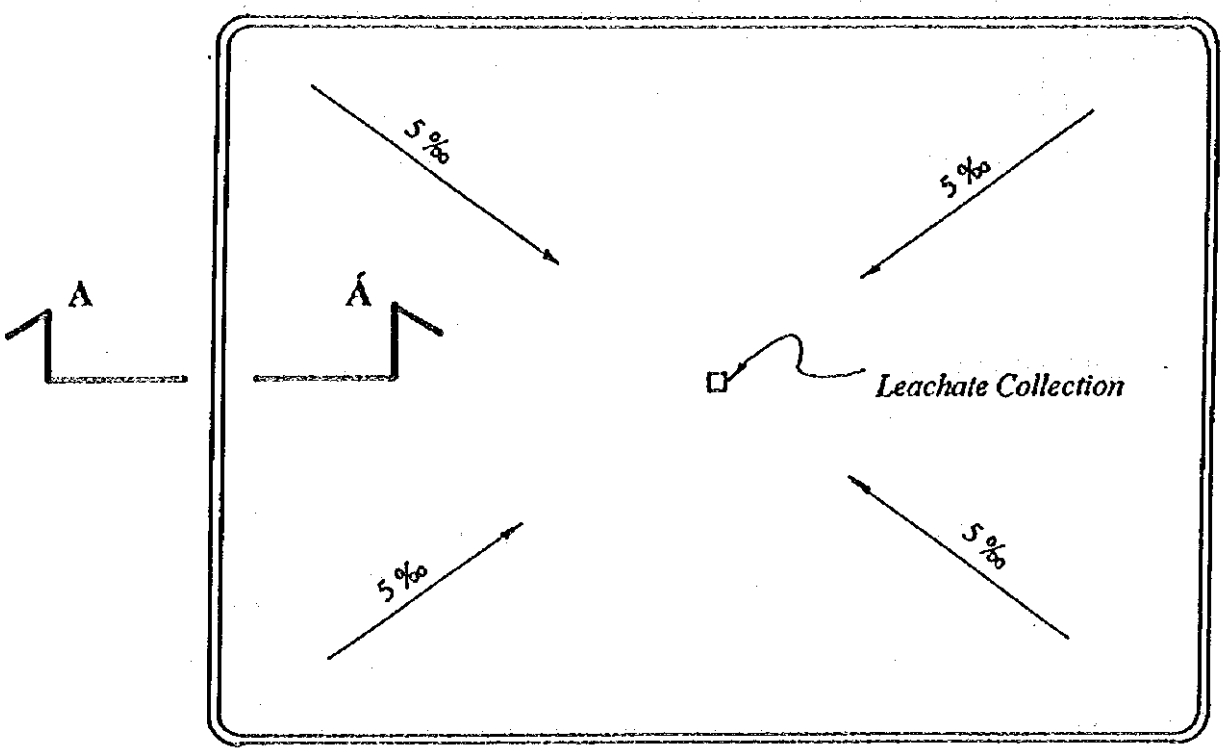
現在、ボイラ給水の水処理で使用するイオン交換樹脂の再生過程で発生した廃酸廃アルカリは埋立処分されているが、中和で生成した塩が土壌に浸透し、地下水汚染の原因となっている。また、発電所側は、将来、廃酸廃アルカリをシックスラッジの輸送水として利用する方向で検討しているが、完全に中和されず pH が酸性あるいはアルカリ性側に傾いた場合にはスラッジ中に含まれる重金属等の有害物質が溶出する可能性が大きくなる。また、敷設するシートは、ある程度の耐酸性・耐アルカリ性を考慮して製造されているが、長期間の酸アルカリの接触は、シートの劣化を早める可能性が大きくなる。

EKF の決定書の 8 には、イオン交換装置の再生過程で生じる廃酸廃アルカリは有害物質であるため、シックスラッジと混合することはできないと規定している。また同決定書の 7 には、Sajó 川がカテゴリー II に分類されており、規定されている排出基準を遵守する旨、記されていることから、廃酸廃アルカリについては、中和槽で中和希釈した後、規定基準を満たすよう Sajó 川に流量に合わせて放流することが望ましいと考えられる。

3) 使用後のスラッジ貯蔵場の灰の飛散防止

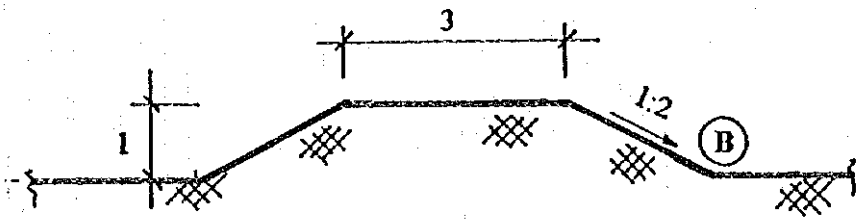
EKF 決定書の 12 は、スラッジが積み重ねられた既存ブロックの整地に関して計画するよう求めている。これはスラッジ乾燥後の灰の飛散の防止を目的としたものと考えられ、以下の対策を行う必要がある。

a) 使用後のスラッジ貯蔵場については、灰の飛散防止のため覆土又は植栽を行う。
b) 洗炭スラッジについては、1997 年中に洗炭工場が閉鎖され、現在行われているレンガ工場への洗炭スラッジの売却が終了した時点で、覆土又は植栽を行う。



1:5,000

Cross Section A-A'



1:100

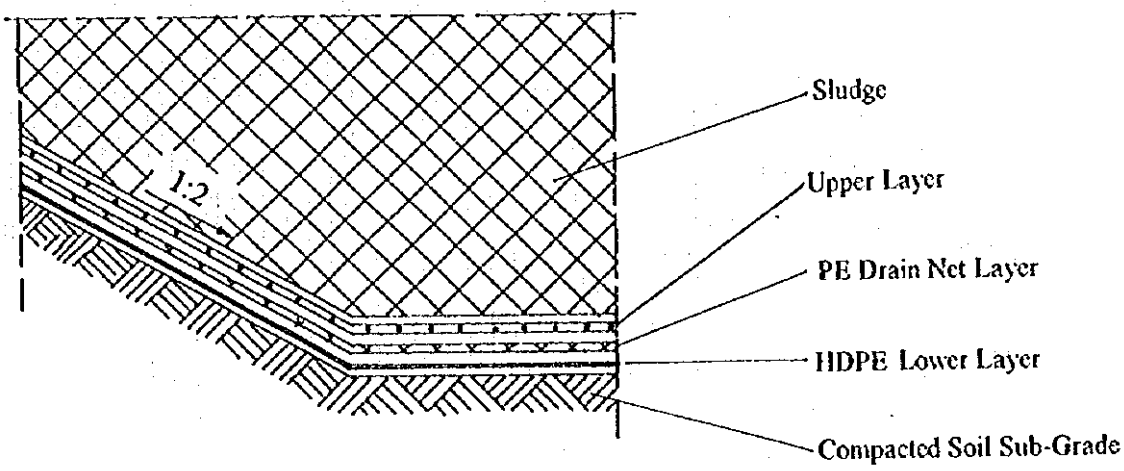


Figure 6.6.3 Plan of Laying Impermeable Sheet (Source: COMCO)

4) 上水道需要増加の対策

スラッジ貯蔵場の地下水下流には、Borsodszirak I および Borsodszirak I/A という２つの上水道水源があるが、そのうち水源 I/A は、現在、需要の減少および水質の悪化により使用されておらず、水源Ｉのみで上水をまかなっている。水源Ｉは、Bodva 川の水を貯水池に導入し、地下浸透、汲上げ、砂ろ過等一連の処理を行い、ほとんどの上水を供給している（一部、井戸から地下水を汲み上げ処理して供給している）。

既往の地下水汚染から水源を保護する技術的な手法として、汚染地下水脈を遮断する方法、汚染地下水を汲み上げ汚染物質を除去する方法が考えられる。

しかし、前者については、遮断壁により水源Ｉの上流を遮断した場合、遮断壁の上流部に不法投棄された廃棄物があり、せき止められ周囲に広がった地下水が、廃棄物中に含まれる有害物質を溶出させたり、あるいは表層近くまで地下水位が上昇し肥料および農薬を溶出させる等の二次的影響が考えられるため、その適用にあたっては詳細な環境影響調査を行う必要がある。また、ハンガリーでは遮断壁の設置に使用する大型の掘削機械が入手できないこと、コスト負担があまりにも大きく他の対策を取った方が安価であることから、遮断壁の適用は不可能と考えられる。

後者については、局部的な高濃度地下水汚染に対して有効な方法であるが、ボルショド発電所のケースでは低濃度汚染地下水が広範囲にわたるため、現実的にその適用は不可能である。

以上のように、地下水汚染対策は非常に困難であり、地下水汚染を引き起こさないように保全対策を行うことが肝要である。現在は上水需要の減少により水源 I/A は使用しないで供給可能であるが、今後ハンガリーの工業生産も徐々に回復することが見込まれることから、将来の上水道需要増加の対策として、水源Ｉの貯水池、汲上げ、砂ろ過一連の能力を拡張することで対応することが考えられる。

5) その他の廃棄物対策

燃焼残渣および廃酸廃アルカリ以外で、ボルショド発電所から発生する主な廃棄物としては以下のものがある。

・水処理工場：汚泥スラッジ、使用済みイオン交換樹脂
・ボイラ：オイル貯蔵タンクのドレン、ウェス
・変電所：変圧器廃油、汚染ろ材
・機器のメンテナンス：廃油、油性スラッジ等

ボルショド発電所では、廃棄物を金網で囲ったコンクリート床屋内に選別できるよう仕切を設け貯蔵し、廃油は容器に保管している。これらの廃棄物は、その後、リサイクル又は処分のため、MÉH Co、ÁFOR、MOR Rt、ÉSZAKKÖR Kft、Dorog Hulladékégető Kft、Miskolc

自治体廃棄物処分会社等に引き取られるており、新設CFBユニット運開後も廃棄物の処分については十分対応可能である考えられる。

6) 建設中に出される廃棄物の対策

建設期間中に発生する非有害廃棄物には、建築廃材、配管くず、鉄銅等の金属廃棄物等があり、売却可能な金属廃棄物についてはMÉH Coが、処分場の整地に利用可能な建築廃材等については北ハンガリー廃棄物管理会社が、それぞれ引き取り可能である。また、掘削などの土木工事で発生した土壌についても、処分場整地のためKazincbarcika市Mucsonyi通りの処分場、あるいはBorsodchem Coが受入れ可能である。

有害物質に関しては、許可を受けた会社がその輸送・処理・無害化を行うことになっており、建築産業情報センターで購入できる環境保護指針にリストアップされている。

6.7 環境監視計画

6.7.1 工事中の環境監視

工事の施工に伴って発生する住民の健康又は生活環境に影響を及ぼす現象を防止もしくは軽減することを目的とする。その他、作業環境についても配慮する必要がある。

工事に伴う環境影響を現行の規制・基準等に照らし、最小限に抑えるために、下記について監視する。定期的又は適時、各項目について測定、分析、評価を行う。

- 工事中に発生する廃棄物の適切な処理
- 既存建屋等の取り壊し時のアスベスト飛散
- 建設機械、重機、車両等から発生する騒音、振動
- 雨水時の残土等による周辺河川への影響
- 掘削等に伴う汚染土壌の移動等による二次汚染

ハンガリーでは、有害廃棄物の収集や処理、無害化に関する厳しい規制が発効されており、遵守しなければならない。政令 102/1996（Ⅶ,12）は、有害物質に対して詳細に規定しており、規則を破った場合には、法的な罰則が設けられている。

また、危険廃棄物を集め、一時的に貯蔵する場合、適切な貯蔵場所を用意する必要があり、法令 No.56/1981（XI,18,MT）に規定された環境保護規則に従う必要がある。

産業廃棄物や汚水を河川に排出する場合には、法令 No.4/1984（Ⅱ,7,OVH）の規定を満足する必要がある。これら規制、基準を遵守するために、環境管理体制の整備を行い、そこが中心となって環境監視計画を立案し、環境に対する影響を最小限に抑えるよう監視することを提言する。

政令 102/1996（Ⅶ,12）に規定されているもので、計画されている建設実施期間中に発生すると予想されている有害物質は概ね表 6.8.1 に示すとおりである。

表 6.7.1　有害廃棄物と分類指定

法規	名称	分類
V+++++03	汚染繊維、濾紙、板紙	***
V+++++15	汚染土壌が廃棄物となった場合	***
V+++++19	土壌、岩石、砂利が廃棄物となった場合	***
V31429	アスベスト分が多いがほこりのたたない塊状の廃棄物	Ⅲ
V31430	アスベストダストや繊維を含んだ廃棄物	Ⅰ
V+++++02	汚染された鉄鋼及びその合金	***
V+++++18	汚染有色及び軽金属その合金	***
V35501	バッテリー	Ⅰ
V35503	電気廃棄物	***
V53202	防腐剤及び保証期限切れ防腐剤残渣、資格により使用できなくなった防腐剤及び防腐剤残渣	***
V53204	保証期限切れの残留燃焼抑止剤	***
V54102	廃油	Ⅱ
V54107	ボーリング、切削、包装用油	Ⅱ
V54711	金属加工から出るの油状スラッジ	Ⅱ
V55501	塗装残渣	Ⅱ
V55502	保証期限切れの染料及び塗料	Ⅱ
V55504	染料残渣	Ⅱ
V55505	被膜剤残渣	Ⅱ
V55903	重合、凝固樹脂残渣	Ⅱ
V55904	液体樹脂残渣	***

注：+++++で示された危険廃棄物の場合、廃棄物中の最も有害な汚染成分のコードが与えられている。

ボルショド発電所に関して、政令 102 の概要は、概ね下記のとおりである。

(1)　有害物質としてリストされているが、有害な分類に指定されていない場合、最も有害な成分と同じ有害物質としてみなされ、かつ、それに準拠した規制が適用される。

(2)　建設期間中の有害廃棄物収集場所を設けることを強調しなければならない。有害廃棄物の種類により、収集場所は解放性にするか、閉鎖性にするかに分かれる。収集場所に関する要件が、上記規則の付属書 1 にある。

(3)　この規則の§7 に従い、建設期間中に発生する有害物質は登録しなければならない。収集有害物質の輸送、前処理、処理、無害化は、許可を持っている会社か、個人によってのみ実施されなければならない。

(4) 建設機械における土壌汚染の防止は、建設期間中考慮しなければならない。そのため、機械用の燃料容器をつくらなければならない。責任環境保護機関は、ライセンス期間中の容器の製作に関する規制をつくろうとしている。もし、油や燃料等で汚染された土壌が有害廃棄物として認められ、汚染が起こった場合には、回収することになると注意を喚起したい。

6.7.2 プラント稼動開始後の環境監視

稼動開始後に環境負荷を与える可能性のある以下の項目の監視計画を立案し、汚染・汚濁の早期発見とその対策が迅速に行えるようにする。石炭輸送の一部がトラックとなる場合、輸送道路の監視も必要となる。

(1) 煙道排ガスのモニタリング（新設）

SO_2、NOx 、CO、ばいじん、風向風速の常時監視

排出基準をクリアしているかどうかを判定し、もし、排出基準を越えた場合には、何が原因なのかを検討するためにも、SO_2等の排出ガス濃度を常時監視する必要がある。また、新たな対策手法を取り入れた場合の効果を評価する上でも、煙道排ガスのモニタリングは不可欠である。

(2) 一般環境大気濃度のモニタリング（既設局の利用）

SO_2、NOx 、CO、粉じん、風向風速の常時監視

ボルショド発電所の近傍には、J-2、J-3、EC-2、EC-3、JM-1の常時監視測定局があるので、機材の整備を図りながら既設局データを利用し、監視を行う。

発生源からのSO_2等の排出削減は、直接に環境濃度に反映されるが、固定発生源、移動発生源、面発生源の任意の測定地点への寄与割合は、気象条件に応じて変化し、環境濃度自体大きく変化する。よって、対策の効果を十分に評価するには、各大気汚染物質等を常時監視し、気象条件と合せてデータを解析、評価する必要がある。

(3) (1)、(2)を組み合わせたエミッション・イミッションの常時監視ネットワーク組織の構築

現在、発生源と環境の管理は、行政的にEKFとANTSZに縦割りされているため、これらを一元化し、迅速な対応ができるように提案する。

仮に、異常気象等により大気環境基準を大幅に越えるような事態が発生した場合、常時監視ネットワークが構築されていれば、迅速、かつ適格に対応でき、各発生源施設に対し、排出削減の緊急要請も可能となる。

(4) 地下水のモニタリング

定期的な採水による影響項目の分析と評価を行う。

ボルショド発電所からの地下水汚染は、Asとイオン類が主体であるが、調査対象地域には多くの発生源があるので、関連するその他の項目や重金属類も調査対象とすべきである。ボルショド発電所は、1996 年 3 月からシックスラッジ輸送システムを採用し、同時に、現在水位観測を毎月、水質測定を四半期ごとに、数ケ所の観測井戸で実施しているが、これを今後とも継続していく必要がある。地下水汚染防止対策の効果が明確に現われるまでには相当長期間を要するので、経時的に各測定地点の濃度変化を把握し評価する必要がある。対策の効果を適切に評価するために、場合によっては観測井戸の追加や他機関のモニタリングデータの相互活用も考慮する必要があろう。

(5) その他の排水、騒音、交通量等の定期的な監視

第7章　工事計画

第7章　工事計画

7.1　契約形態の基本的な考え方

工事計画の立案にあたって、所有者側のプロジェクトの管理体制、請負契約の形態を想定することが必要となる。

プロジェクトの管理において、所有者側に十分な数の人材、技術力や資金調達上の経験が得られない場合、所有者は外部コンサルタントを雇用してその不足分を補うことが可能である。

契約の形態については、大きく分けて次の２つが考えられる。

1) 一括契約（Full Turn Key Contract）
本事業の実施を一括して一つの組織に発注する方式。

2) 複数契約（Separate Contracts）
本事業を複数のパッケージに分け、各々入札、発注する方式。

複数契約では、パッケージ分けした分野毎で競争入札を行うため、優秀で安価な資機材等の入手が可能となるが、請負者は納入部分の性能を保障するのみで、発電所全体としての性能について保障させることはできない。

一方、一括契約においては、責任の所在が明確であり、発電所全体として所要の能力を発揮することを保障させることが容易であり、入札書類の作成が一回で済むことから、工期の短縮にもつながるが、保障のリスクのための金額が上乗せになり、契約金額が大きくなる。

本事業においては、プロジェクト実施期間に制約があることから、新設ユニット、既存施設改善各々一括契約の形態を想定することとし、所有者がコンサルタントによる技術上および入札書類作成等アドミニストレーションのサポートを受けることも想定して工事計画を立案する。

ただし、土木・建築工事については工程上先行すること、およびハンガリー国内業者により実施されることを考慮して、各々について別契約を想定する。

すなわち、本事業の契約は以下の４つに区分される。

a) 新設ユニットに係る土木・建築工事
b) 新設ユニット（機器の供給および据付、試運転）
c) 既存施設改善に係る土木・建築工事
d) 既存施設改善（機器の供給および据付、試運転）

7.2 建設工程

7.2.1 工程作成上の留意点

本事業は、新規発電ユニットの建設と既存施設の改善を行うものであるが、その双方の工事工程は以下の基本的前提に基づいて計画した。

(1) 新規ユニットの建設には5年程度の期間を要し、1997年中に建設許可をとる必要があるので、できるだけ早く手続きに着手する。

(2) 既存施設の改善工事の終了には3年程度の期間を要するが、新しい排出基準が発効する2004年頭初以前に終了させる。

(3) 現在の設備による発電所の稼働への影響を最小限に抑えるように計画する。

(4) 毎年の投資額はできるだけ平滑化する。

上記を総合的に考慮し、新規ユニットの建設を先行し、引き続き既存施設の改善工事を行うことを前提として全体的工程を計画する。

具体的工程を作成するにあったて以下の事柄に留意した。

(1) 許可取得（新規発電ユニット）
(2) 資金の調達
(3) 基本／詳細設計と入札図書作成
(4) 入札から落札までの期間
(5) 機械設計の載荷データに基づく土木設計
(6) 請負者が提出する図面の点検と承認手続き
(7) 施工管理および安全管理
(8) 単体試運転とシステム／機器の調整に要する期間

7.2.2 新設ユニット建設工程

新規150MWユニットの建設工程を表7.2.1に示す。工事は次の3つの期間に分ける。

(1) 準備段階（工程表の1、2、3、および4）

(a) 準備段階には環境影響評価（EIA）の準備を含む。環境影響評価の終了後、本事業の許可取得の手続きを行う。

(b) 計画段階は2つに別れる。最終施工計画は落札者（製造者）が必要なデータを提供した後で作成される。

(2) 設置段階（工程表の5～19）

(a) 準備工事は以下の2ヶ所で行う。

1) 仮設物を設置する場所の既設構造物解体および整地。水、電気、資材置き場、事務所、ロッカールーム、シャワー設備、現場仮設工事用吊り上げ装置の準備。

2) 新規150MWユニットを設置する場所の既設構造物の解体および下水管の移設。

(b) 新規ユニット用の地下土木（地下ダクト、上下水道配管、その他）および基礎工事。

(c) 主要機器（ボイラ、タービン、冷却塔等）を製造者工場で製作し、発電所まで輸送する。搬入された機器を最終取付位置に移動し据え付けを行う。

(d) 主要機器の設置後、補機（給水ポンプ、熱交換器、パイプライン、金具等）を設置する。

(e) 機械設置工事と平行して、ケーブル敷設、送電、計装および制御に関する据付工事を行う。

(3) 運転試験、試運転、および本格運転（工程表の20～22）

(a) 機器および装置を全て設置した後、以下の運転試験を行う。

1) コールド試運転

2) ホット試運転

(b) ホット運転試験合格後、新規ユニット全体の試運転を行う。

(c) 請負者は試運転の試験結果が入札書で指定するパラメータを満足していることを確認し、レポートを作成する。

(d) 新規ユニットの引き渡し後、本格運転に入る。

7.2.3 既存施設改善の建設工程

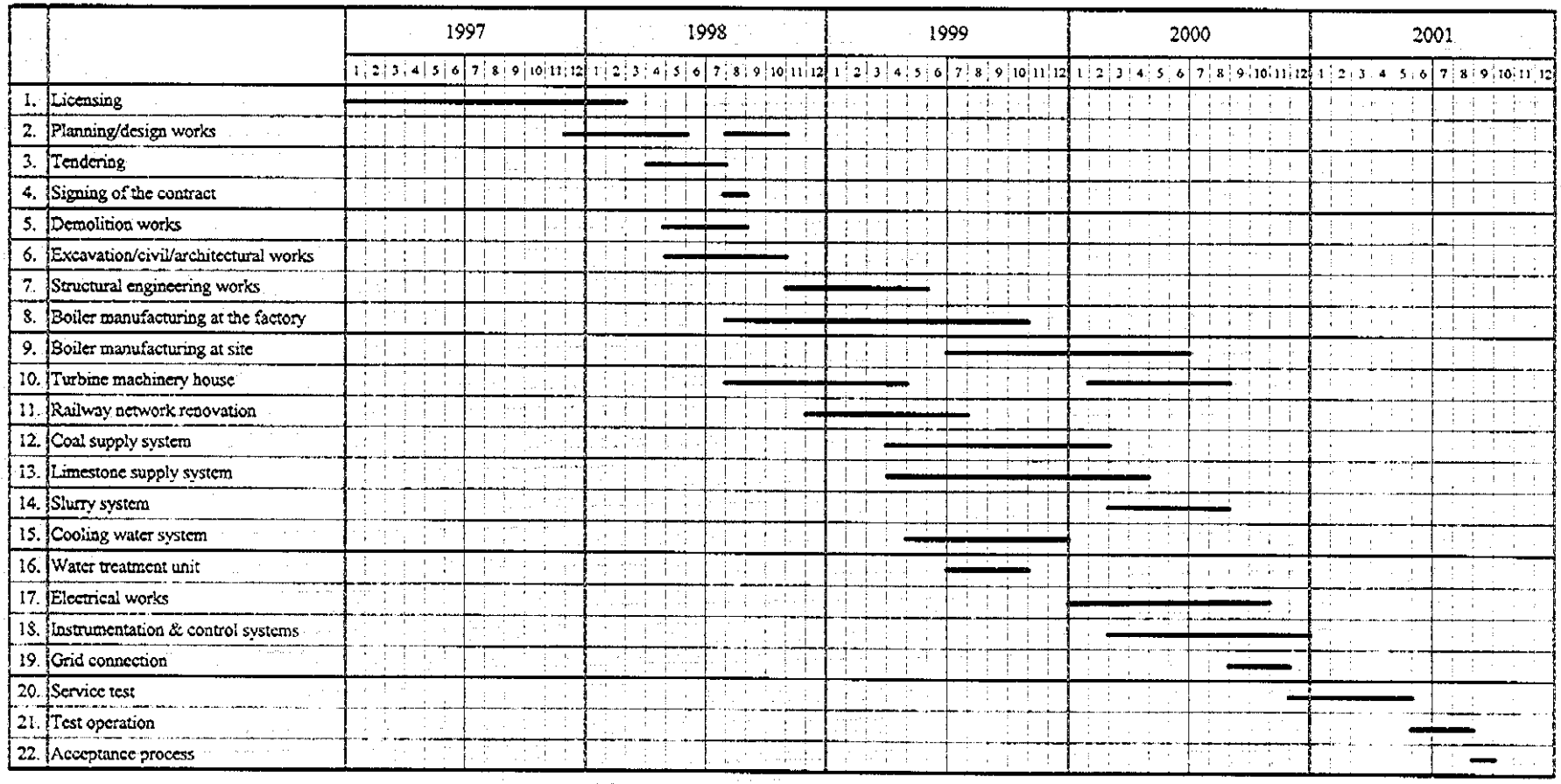
既存施設改善の建設工程を表7.2.2に示す。

契約形態については、既存施設の改善という性質上、既存施設納入業者との随意契約の可能性も考えられる。

設計期間が開始から機材契約後も続く（約7ヶ月）のは、改善のため導入する機材の仕様をもとに、基礎工事、配管、電気等の設計を行う必要があるためである。

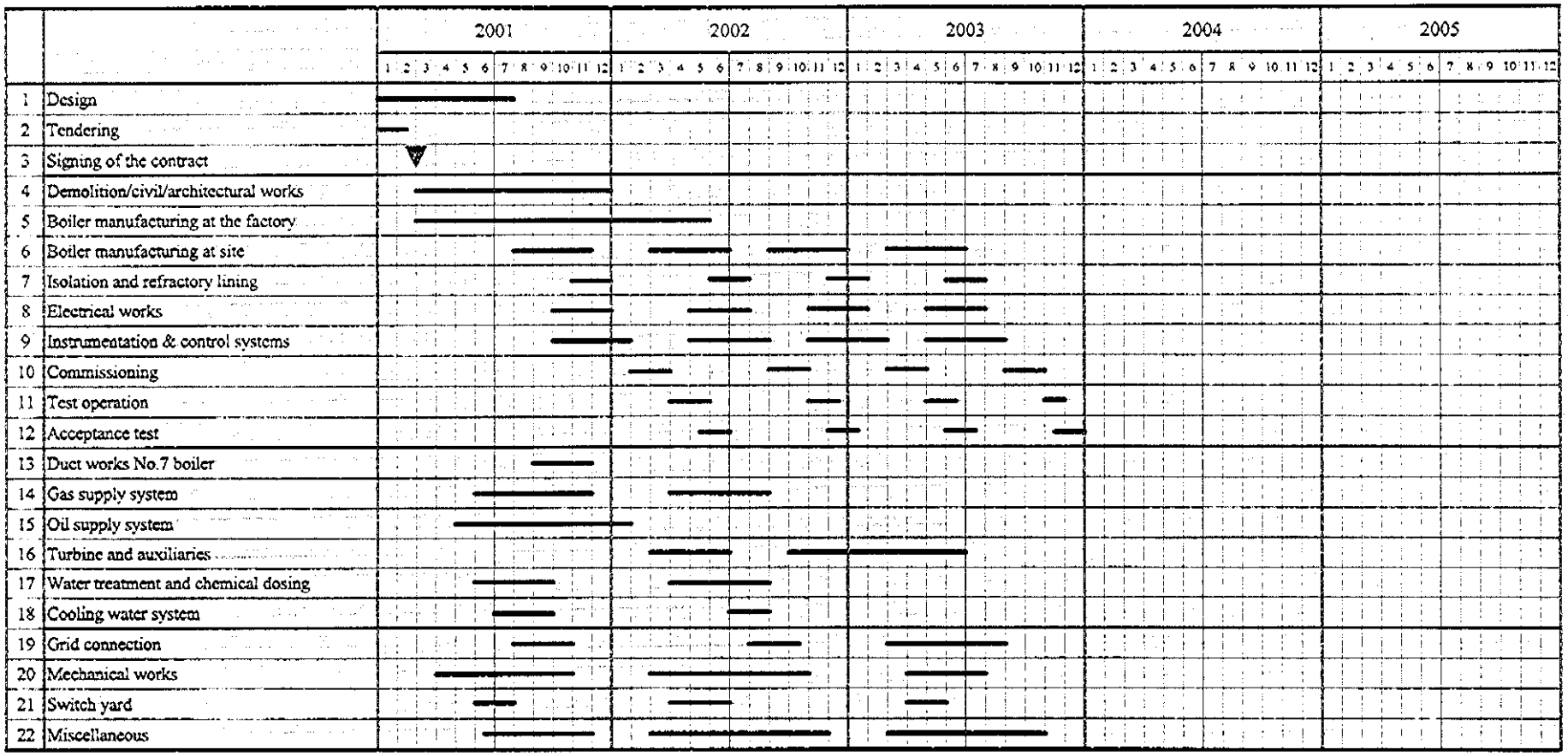
ボイラの改造作業は、発電所の操業への影響を最小限とするため、4つのボイラについて同時に行わず、1つ1つ順次に実施するものとする。このため試運転、検収も1基ごとの実施となる。ボイラーの改造作業の終了前に転換する新燃料（オイル、ガス）の供給施設が完成するものとする。

Table 7.2.1 Time Schedule for Construction of the New 150 MW Plant



T7-2new.xls
1997/4/11

Table 7.2.2 Time Schedule for Renovation of Existing Facilities



T7-2new.xls
1997/4/11

第8章　プロジェクト・コスト

第8章　プロジェクト・コスト

8.1　コスト算定の基本的な考え方

8.1.1　前提条件

前章で述べたように、契約形態として一括契約（Full Turn Key Contract）を想定することとし、所有者の技術、アドミニストレーション補助のためのコンサルタントの雇用が可能となるよう、その費用を見込むものとする。

本事業の資金の調達方法としては、自己資金および外部からの借入金の利用が考えられる。民営化された現在、世銀、OECF 等の資金返済上有利であるが、契約形態等に制約のある資金の利用は難しいと考えられるため、日本輸出入銀行のアンタイドローン等、制約の少ない資金を利用するものとして、融資機関による制約は考慮に入れないものとする。

ハンガリー国内産業の活性化のために、ハンガリー国内調達は最大限に利用されることが望ましい。その最終的判断は所有者に委ねられるが、本コスト算定においては、ハンガリー国内で調達可能な資材を可能な限り利用することを前提として算定を行った。

また、所有者が民間企業のことから、輸入品に対し輸入関税を見込むものとする。契約者が現場にて工事を進めるのに必要な電力および水は無償で供与されるものとする。

8.1.2　プロジェクト・コストの算定基準

以下の基準に基づきプロジェクトコストの算定を行った。

(1) 積算の基礎価格としてEGIのF／Sによる1993年の市場調査価格を用いた。
(2) 輸入する機器の価格は米ドルベースで、インフレ率3%／年で1997年度まで上昇したものとして計算した。
(3) 1993年と1997年との間のHUF／USD為替レートの変化を考慮に入れた。1997年度については、HUF／USD為替レート161.06を用いた。
(4) 石灰プラント等EGIのF／Sに含まれていなかった項目および既存施設の改善プロジェクトについては1997年度市場価格に基づき計算した。
(5) 土木工事費については、1993年度および1997年度間の上昇率を2.078として計算した。
(6) 機械設置工事費の場合、上昇率は1.8635とした。
(7) ハンガリー電力業界で公認されている標準方式に従ってコスト見積もりを含む価格表を作成した。

予備費として、既存施設改善については約10%、新設ユニットについては約8%を計上した。既存施設改善について、この比率が高いのは施設改善という工事の性格上、既存施設の状況によって必要とされる工事費が影響を受けることが予測されるためである。

コンサルタント・フィーは事業者が決定する業務範囲・内容・期間等に大きく左右されるため、積上げ計算は行わず、エンジニアリング・フィーとして、ハンガリーの積算基準に基づき、直接工事費の6.5％を計上した。

8.2 プロジェクト・コスト

新規150MWユニットについて、提案プロジェクト（CFBC方式）の建設費を表8.2.1に、その年別投資計画を表8.2.2に示す。また、これの代替プロジェクト（微粉炭燃焼＋湿式排煙脱硫）の建設費と年別投資計画をそれぞれ表8.2.3と表8.2.4に示す。

提案プロジェクトに比べ、代替プロジェクトの建設費は約10％高く、提案プロジェクトの方が明らかに有利である。しかし、提案プロジェクトがCFBCという新しい技術を採用しており、サプライヤーの数も限られているのに対し、代替プロジェクトの技術は既に世界的に普及している微粉炭燃焼と先進工業国で普及している排煙脱硫であり、実際の建設にあたっては価格競争によるコストの低下も予想される。したがって、次章の経済・財務分析では、この代替プロジェクトのコスト低下率を15％と仮定することとする。

既存施設の改善について、提案プロジェクト（ガス燃焼方式）の建設費を表8.2.5に、その年別投資計画を表8.2.6に示す。また、これの代替プロジェクト（微粉炭燃焼＋半乾式排煙脱硫）の建設費とその年別投資計画をそれぞれ表8.2.7と表8.2.8に示す。これらに見られるとおり、代替プロジェクトのコストは提案プロジェクトより30％以上も割高であり、提案プロジェクトの有利さは明らかである。

Table 8.2.1 Construction Cost for the New 150 MW Unit
(Proposed Project)

Price level: 1997
Currency: MHUF

	Designation	Civil work	Local	Import	Custom duty	Erection	Other	Total capital	Other develop-ment cost	Total Invest-ment
01	Design						1140.00	1140.00		1140.00
02	Site preparation	91.00	31.00					122.00		122.00
03	Leveling	9.60						9.60		9.60
04	Roads	29.50						29.50		29.50
05	Railway siding	58.60	17.80	10.00	0.90	31.00		118.30		118.30
06	Fence	14.50						14.50		14.50
08	Demolition	31.20	19.50					50.70		50.70
91	Main-building	535.00						535.00		535.00
92	Chimney (reconstruction)	290.00						290.00		290.00
93	Boiler and furnace installation	93.50		5591.00	671.00	1081.00	151.80	7588.30		7588.30
94	Steam turbine	145.80	1752.00					1897.80		1897.80
95	Alternator and Block-transformer	139.20	364.30			8.40		511.90		511.90
96	Feed system		168.50	964.50	84.30	326.50	48.00	1591.80		1591.80
97	Cranes (Main-building) reconstruction		95.00					95.00		95.00
98	Electrical equipment (Main-building)		524.60	509.60		177.80		1212.00		1212.00
99	Control system		233.60	735.70	79.40	270.10	19.40	1338.20		1338.20
100	Fuel transport, storing	372.00	532.00	79.70	6.70	184.00		1174.40		1174.40
101	Limestone handling	235.00	212.00	30.80	2.20	72.80		552.80		552.80
11	Slag and ash removal	10.00	170.00			76.80		256.80		256.80
12	Cooling water system	155.40	342.60	102.30	11.20	113.00		724.50		724.50
13	Water treatment system	59.50	320.50	50.30	5.60	87.50		523.40		523.40
14	Outdoor switch gear	23.80	33.70			6.40		63.90		63.90
15	Workshop (reconstruction)	24.50	39.10					63.60		63.60
16	Offices	11.00						11.00		11.00
18	Life and property defense	5.00	19.80	4.80	0.50	7.90		38.00		38.00
19	Environmental protection	35.30	47.60					82.90		82.90
20	Area light	19.00						19.00		19.00
21	Fire figlting systems	26.00	45.70	8.00	0.70	14.00		94.40		94.40
22	Technology and installation piping	71.50	11.20					82.70		82.70
23	Canalization	81.40						81.40		81.40
25	Laboratory		13.00					13.00		13.00
26	Costs of Investor's services and trial run						500.00	500.00		500.00
27	Costs of P.P. Company during commissioning							0.00		0.00
28	Administrative costs of investment and bank charges							0.00		0.00
29	Traffic and transport equipment		21.00					21.00		21.00
30	Telecommunication and fire alarm system	47.70	176.00	36.20	4.20	55.00		319.10		319.10
32	Means of organization on site	64.40	176.80					241.20		241.20
33	Miscellaneous cost	80.00				22.80		102.80		102.80
34	Expenses of not installed equipment		160.00	197.00	18.00			375.00		375.00
35	Expenses for acceleration of the Investment							0.00		0.00
36	Technical reserve (contingency)						1700.00	1700.00		1700.00
	01-36 Subtotal:	2759.40	5527.30	8319.90	884.70	2535.00	3559.20	23585.50		23585.50
	Connected Costs: Electrical connection									
	Gas connection									
	Total cost Investment									
	Engineering fee (6.5 %)	100.00	450.00	350.00	10.00	523.00	100.00	1533.00		1533.00
	Total	2859.40	5977.30	8669.90	894.70	3058.00	3659.20	25118.50	0.00	25118.50

Table 8.2.2 Investment Schedule for Construction of the New 150MW Plant
(Proposed Project)

Price level: 1997
Currency: MHUF

Year	Civil work	Local	Import	Custom duty	Erection	Others	Total capital cost	Other development cost	Base investment total
1997						60.00	60.00		60.00
1998	1687.00	910.00	990.00	94.00	107.00	980.00	4768.00		4768.00
1999	974.00	2411.00	4976.00	506.00	1508.00	200.00	10575.00		10575.00
2000	198.40	2656.30	2703.90	294.70	1433.00	179.00	7465.30		7465.30
2001					10.00	2240.20	2250.20		2250.20
Total	2859.40	5977.30	8669.90	894.70	3058.00	3659.20	25118.50	0.00	25118.50

Table 8.2.3 Construction Cost for the New 150MW Plant
(Alternative Project)

Price level 1997
Currency: MHUF

	Designation	Civil work	Local	Import	Custom duty	Erection	Other	Total capital	Other develop-ment cost	Total invest-ment
01	Design						1450.00	1450.00		1450.00
02	Site preparation	104.00	35.50					139.50		139.50
03	Leveling	10.90						10.90		10.90
04	Roads	30.40						30.40		30.40
05	Railway siding	58.60	17.80	10.00	0.90	31.00		118.30		118.30
06	Fence	14.50						14.50		14.50
08	Demolition	33.10	19.50					52.60		52.60
91	Main-building	535.00						535.00		535.00
92	Chimney (reconstruction)	290.00						290.00		290.00
93	Boiler and furnace installation	87.10		4480.00	537.60	691.50	75.80	5872.00		5872.00
94	Steam turbine	145.80	1752.00					1897.80		1897.80
95	Alternator and Block-transformer	139.20	364.30			8.40		511.90		511.90
96	Feed system		168.50	964.50	84.30	326.50	48.00	1591.80		1591.80
97	Cranes (Main-building) reconstruction		95.00					95.00		95.00
98	Electrical equipment (Main-building)		524.60	509.60		177.80		1212.00		1212.00
99	Control system		233.60	735.70	79.40	270.10	19.40	1338.20		1338.20
100	Fuel transport, storing	372.00	532.00	79.70	6.70	184.00		1174.40		1174.40
101	Limestone handling	275.00	305.00	34.60	2.40	97.00		714.00		714.00
11	Slag and ash removal	10.00	170.00			76.80		256.80		256.80
12	Cooling water system	155.40	342.60	102.30	11.20	113.00		724.50		724.50
13	Water treatment system	59.50	320.50	50.30	5.60	87.50		523.40		523.40
14	Outdoor switch gear	23.80	33.70			6.40		63.90		63.90
15	Workshop (reconstruction)	24.50	39.10					63.60		63.60
16	Offices	11.00						11.00		11.00
18	Life and property defense	5.00	19.80	4.80	0.50	7.90		38.00		38.00
19	Environmental protection + FGD	97.10	47.60	2450.10	205.80	483.00		3283.60		3283.60
20	Area light	19.00						19.00		19.00
21	Fire fighting systems	26.00	45.70	8.00	0.70	14.00		94.40		94.40
22	Technology and installation piping	71.50	11.20					82.70		82.70
23	Canalization	81.40						81.40		81.40
25	Laboratory		13.00					13.00		13.00
26	Costs of Investor's services and trial run						550.00	550.00		550.00
27	Costs of P.P. Company during commissioning							0.00		0.00
28	Administrative costs of Investment and bank charges							0.00		0.00
29	Traffic and transport equipment		21.00					21.00		21.00
30	Telecommunication and fire alarm system	47.70	176.00	36.20	4.20	55.00		319.10		319.10
32	Means of organization on site	69.30	191.40			24.60		285.30		285.30
33	Miscellaneous cost	80.00						80.00		80.00
34	Expenses of not installed equipment		160.00	211.00	19.90			390.90		390.90
35	Expenses for acceleration of the Investment							0.00		0.00
36	Technical reserve						1950.00	1950.00		1950.00
	01-36 Subtotal:	2876.80	5639.40	9676.80	959.20	2654.50	4093.20	25899.90		25899.90
	Connected Costs: Electrical connection:									
	Gas connection:									
	Total cost Investment:									
	Engineering fee (6,5 %)	120.00	410.00	370.00	10.00	725.00	50.00	1685.00		1685.00
	Altogether	2996.80	6049.40	10046.80	969.20	3379.50	4143.20	27584.90	0.00	27584.90

Table 8.2.4 Investment Schedule for Construction of the New 150MW Plant
(Alternative Project)

Price level: 1997
Currency: MHUF

Year	Civil work	Local	Import	Custom duty	Erection	Others	Total capital cost	Other development cost	Base investment total
1997						70.00	70.00		70.00
1998	1728.00	947.00	1078.00	106.00	119.00	1160.00	5138.00		5138.00
1999	1064.00	2414.00	5818.00	562.00	1584.00	240.00	11682.00		11682.00
2000	204.80	2688.40	3150.80	301.20	1666.50	203.20	8214.90		8214.90
2001					10.00	2470.00	2480.00		2480.00
Total	2996.80	6049.40	10046.80	969.20	3379.50	4143.20	27584.90	0.00	27584.90

Table 8.2.5 Construction Cost for Renovation of the Existing Facilities
(Proposed Project)

Price level: 1997
Currency: MHUF

	Designation	Civil work	Local	Import	Custom duty	Erection	Other	Total capital	Other develop-ment cost	Total invest-ment
01	Design						310.00	310.00		310.00
02	Site preparation	15.00	5.00					20.00		20.00
03	Leveling	6.00						6.00		6.00
04	Roads	6.00						6.00		6.00
05	Railway siding							0.00		0.00
06	Fence							0.00		0.00
07	Stores(reconstruction)	2.00	2.00				10.00	14.00		14.00
08	Demolition	30.00	20.00					50.00		50.00
91	Main-building	1124.00						1124.00		1124.00
92	Chimney (reconstruction)	12.00						12.00		12.00
93	Boiler and furnace installation	20.00	516.50	180.00	21.60	137.00	40.00	915.10		915.10
94	Steam turbine	92.00	910.00	100.00	12.00	196.00		1310.00		1310.00
95	Alternator and Block-transformer							0.00		0.00
96	Feed system		15.50	50.00	4.50	10.00		80.00		80.00
97	Cranes (Main-building) reconstruction							0.00		0.00
98	Electrical equipment (Main-building)		195.00	200.00	18.00	67.00		480.00		480.00
99	Control system		42.00	300.00	18.00	90.00		450.00		450.00
100	Fuel transport, storing	120.00	253.00	60.00	5.00	82.00		520.00		520.00
101	Limestone handling							0.00		0.00
11	Slag and ash removal							0.00		0.00
12	Cooling water system	30.00	60.00	10.00	1.00	9.00		110.00		110.00
13	Water treatment system	40.00	224.50	50.00	5.50	70.00		390.00		390.00
14	Outdoor switch gear	40.00	60.00	10.00	1.00	24.00		135.00		135.00
15	Workshop (reconstruction)	5.00	15.00					20.00		20.00
16	Offices	10.00						10.00		10.00
18	Life and property defense	2.00	2.00	3.00	0.30	0.70		8.00		8.00
19	Environmental protection	6.00	10.00	20.00	3.00	1.00		40.00		40.00
20	Area light	5.00						5.00		5.00
21	Fire fighting systems		3.00	8.00	1.00	3.00		15.00		15.00
22	Technology and installation piping		40.00	100.00	12.00	8.00		160.00		160.00
23	Canalization							0.00		0.00
25	Laboratory		15.00					15.00		15.00
26	Costs of Investor's services and trial run						40.00	40.00		40.00
27	Costs of P.P. Company during commissioning							0.00		0.00
28	Administrative costs of Investment and bank charges							0.00		0.00
29	Traffic and transport equipment		10.00					10.00		10.00
30	Telecommunication and fire alarm system	10.00	30.00					40.00		40.00
32	Means of organization on site	10.00	35.00			15.00		60.00		60.00
33	Miscellaneous cost							0.00		0.00
34	Expenses of not installed equipment		7.00	30.00	3.00			40.00		40.00
35	Expenses for acceleration of the Investment							0.00		0.00
36	Technical reserve (contingency)						686.00	686.00		686.00
	01-36 Subtotal:	1585.00	2470.50	1121.00	105.90	712.70	1086.00	7081.10		7081.10
	Connected Costs: Electrical connection									
	Gas connection									
	Total cost Investment									
	Engineering fee (6.5 %)							460.27		460.27
	Total							7541.37	0.00	7541.37

Table 8.2.6 Investment Schedule for Renovation of the Existing Facilities
(Proposed Project)

Price level: 1997
Currency : MHUF

Year	Civil work	Import	Custom duty	Erection	Others	Total capital cost	Other development cost	Base investment total
2001	570.00	60.00	5.60	145.80	410.00	1931.40		1931.40
2002	785.00	595.00	56.20	129.80	350.00	2536.00		2536.00
2003	185.00	456.00	43.10	407.10	777.20	2978.90		2978.90
2004	45.00			15.00	5.10	65.10		65.10
2005		10.00	1.00	15.00	4.00	30.00		30.00
Total	1585.00	1121.00	105.90	712.70	1546.30	7541.40	0.00	7541.40

Table 8.2.7 Construction Cost for Renovation of the Existing Facilities
(Alternative Project)

Price level 1997
Currency : MHUF

	Designation	Civil work	Local	Import	Custom duty	Erection	Other	Total capital	Other develop-ment cost	Total invest-ment
01	Design						430.00	430.00		430.00
02	Site preparation	15.00	5.00					20.00		20.00
03	Leveling	6.00						6.00		6.00
04	Roads	6.00						6.00		6.00
05	Railway siding							0.00		0.00
06	Fence							0.00		0.00
07	Stores(reconstruction)	2.00	2.00				10.00	14.00		14.00
08	Demolition	30.00	20.00					50.00		50.00
91	Main-building	1124.00						1124.00		1124.00
92	Chimney (reconstruction)	12.00						12.00		12.00
93	Boiler and furnace installation	22.00	280.00	120.00	14.00	128.00		564.00		564.00
94	Steam turbine	92.00	910.00	100.00	12.00	196.00		1310.00		1310.00
95	Alternator and Block-transformer							0.00		0.00
96	Feed system		15.50	50.00	4.50	10.00		80.00		80.00
97	Cranes (Main-building) reconstruction							0.00		0.00
98	Electrical equipment (Main-building)		195.00	200.00	18.00	67.00		480.00		480.00
99	Control system		42.00	300.00	18.00	90.00		450.00		450.00
100	Fuel transport, storing	85.00	189.00	43.00	4.00	58.00		370.00		370.00
101	Limestone handling							0.00		0.00
11	Slag and ash removal							0.00		0.00
12	Cooling water system	30.00	60.00	10.00	1.00	9.00		110.00		110.00
13	Water treatment system	40.00	224.50	50.00	5.50	70.00		390.00		390.00
14	Outdoor switch gear	40.00	60.00	10.00	1.00	24.00		135.00		135.00
15	Workshop (reconstruction)	5.00	15.00					20.00		20.00
16	Offices	10.00						10.00		10.00
18	Life and property defense	2.00	2.00	3.00	0.30	0.70		8.00		8.00
19	Environmental protection	60.00	140.00	2000.00	170.00	221.50		2591.50		2591.50
20	Area light	5.00						5.00		5.00
21	Fire fighting systems		3.00	8.00	1.00	3.00		15.00		15.00
22	Technology and installation piping		40.00	100.00	12.00	8.00		160.00		160.00
23	Canalization							0.00		0.00
25	Laboratory		15.00					15.00		15.00
26	Costs of Investor's services and trial run						40.00	40.00		40.00
27	Costs of P.P. Company during commissioning							0.00		0.00
28	Administrative costs of Investment and bank charges							0.00		0.00
29	Traffic and transport equipment		10.00					10.00		10.00
30	Telecommunication and fire alarm system	10.00	30.00					40.00		40.00
32	Means of organization on site	10.00	35.00			15.00		60.00		60.00
33	Miscellaneous cost							0.00		0.00
34	Expenses of not installed equipment		7.00	30.00	3.00			40.00		40.00
35	Expenses for acceleration of the Investment							0.00		0.00
36	Technical reserve (contingency)						918.00	918.00		918.00
	01-36 Subtotal:	1606.00	2291.00	3024.00	264.30	900.20	1398.00	9483.50		9483.50
	Connected Costs: Electrical connection: Gas connection:									
	Total cost Investment									
	Engineering fee (6,5 %)							616.43		616.43
	Total							10099.93	0.00	10099.93

Table 8.2.8 Investment Schedule for Renovation of the Existing Facilities
(Alternative Project)

Price level: 1997
Currency : MHUF

Year	Without Custom duty	Custom duty	Base investment total
2001	2249.35	88.10	2337.45
2002	2799.05	88.10	2887.15
2003	3782.70	88.10	3870.80
2004	59.20		59.20
2005	945.30		945.30
Total	9835.60	264.30	10099.90

第９章　経済・財務分析