No 10

マケドニア旧ユーゴスラビア共和国
土壌汚染対策分野
プロジェクト形成調査報告書

平成 16 年 8 月

(2004 年)

JICA LIBRARY
1177816[4]

独立行政法人　国際協力機構

中東・欧州部

地五
JR
04-09

The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply official endorsement or acceptance by the United Nations.

Map No. 3789 Rev. 1 UNITED NATIONS
October 1995

Department of Public Information
Cartographic Section

1177816【4】

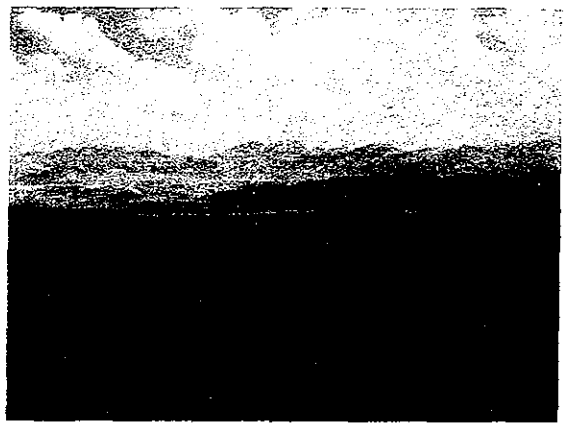


写真１：旧尾鉱ダム

遠方に Zletovo 旧尾鉱ダムを臨む。

写真２：Zletovica Profile I

Zletovo 鉱山尾鉱ダム破堤による土壌汚染調査で一番汚染している断面

写真３： Zletovica Profile II

枯れ色の部分は土壌汚染で耕作が放棄された土地

写真４：Zletovica Profile III

汚染されていない地域

写真５：Knezevo Dam 灌漑予定地

Probistip 近く

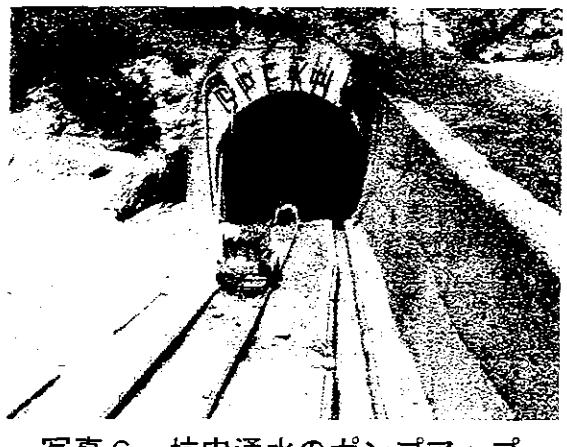


写真６：坑内湧水のポンプアップ

Zletovo 鉱山：黄色の酸性水である。

写真７：坑内湧水の無処理放流

（Zletovo 鉱山）

写真８：Probistip 水源井戸付近

（鉱山排水の影響か河川水は黄色）

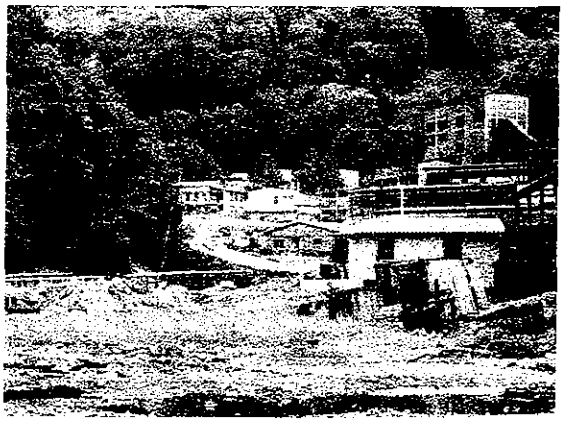


写真９：Sasa 鉱山

（休止中）

写真１０：Sasa 鉱山事故跡

（直径 150m の陥没跡）

写真１１：旧砒素鉱山跡

Kozuf 山脈付近

写真１２：放置された鉱滓の山

Kavadarci 地方

目　　次

第１章 調査の概要　1
1-1　調査の背景、目的、基本方針　1
1-2　調査の方法　1
1-3　調査団の構成と日程　2
1-4　調査結果の要約　4

第２章 マケドニアの概況　5
2-1　地形・地質　5
2-2　気象・水文　6
2-3　土地利用　7
2-4　産　業　8
2-5　環境関連法制度　10

第３章 マケドニアにおける土壌汚染・対策の現況と課題　19
3-1　マケドニアにおける土壌汚染の状況　19
１）　汚染源　20
２）　汚染経路別土壌汚染（水質汚染経由）　23
３）　汚染経路別土壌汚染（大気汚染経由）　26
４）　農薬汚染の現況　33
５）　鉱山事故に伴う土壌汚染１（Zletovo 鉱山）　33
６）　鉱山事故に伴う土壌汚染２（Sasa 鉱山）　34
７）　Zletovica 地域の土壌汚染の現状　35
８）　本格調査に向けての技術的提案
（特にパイロット・スタディ地域への適用）　38
3-2　マケドニアにおける汚染地修復の現状　58
3-3　土壌汚染調査および対策のキャパシティ　58
１）組織面のキャパシティ　58
２）社会・制度面のキャパシティ　60
3-4　ステークホルダー分析　67
１）ステークホルダー分析　67
２）関連省庁の汚染問題への基本スタンス　68
3-5　土壌汚染に係る技術協力の課題とニーズ　72

第４章 環境分野における他ドナー・国際機関等の援助の動向　75

第５章 土壌汚染分野における技術協力の可能性 76
5-1 技術協力の可能性 76
１）技術協力のフレームワークの拡大 76
２）キャパシティの現状と技術協力案件形成の条件 76
３）キャパシティ・ディベロップメントと実施体制 77
４）留意点 77
5-2 想定されるプロジェクトのアウトライン 78
１）案件名 78
２）事業の目的 78
３）事業の内容 78
４）スケジュール案 80
5-3 その他の協力プロジェクト案 81

巻末資料

１．面談者リスト
２．面談議事録
３．Questionnaire と回答
４．入手資料リスト
５．スコピエ大学組織概要

第１章　調査の概要

1-1　調査の背景、目的、基本方針

1-1-1　調査の背景

マケドニア国は鉛、亜鉛、銅、クロム等を豊富に産出し、鉱業は主要産業のひとつであった。しかし、旧ユーゴスラビア市場の喪失、旧ユーゴ紛争の影響、国内経済不振により、1990 年代以降、鉱業生産は急激に落ち込み、採掘の終了や経営不振により閉鎖された鉱山が放置され、テイリングダムの決壊による土壌の重金属汚染が国内各地で報告されるようになっている。しかし、政府の体制未整備、予算不足等の要因により、十分な対策が取られていない。このため、同国における今後の合理的な国土利用計画や農地開発に支障をきたしている。

このような背景の下、マ国における土壌汚染対処能力向上に資する技術協力案件形成のため、本調査団が派遣されることとなった。

1-1-2　調査の目的

土壌汚染対策に係る対処能力向上（キャパシティ開発）のための技術協力案件の形成を行うとともに、マ国政府から正式要請接到済みの開発調査「ズレトビッツァ流域汚染土壌対策開発調査」の検討の参考となる追加情報を収集することを調査の目的とした。

1-1-3　調査の基本方針

マ国における土壌重金属汚染の現状、土壌汚染モニタリング・土壌汚染地修復の体制を調査し、同国における土壌汚染対策の強化に資する技術協力案件を形成することを基本方針として、本調査を実施した。

1-2 調査の方法

２名の官団員（総括、協力企画：6 月 7 日～10 日マケドニア滞在）及び２名のコンサルタント団員（土壌重金属汚染、土壌汚染地修復：6 月 7 日～7 月 2 日マケドニア滞在）が、関係省庁や研究所訪問、現場視察を通じて、同国の土壌汚染の現状、環境モニタリング制度、土壌汚染の基準と規制、環境管理システム、農民や住民の動向、政府の対応方針等の基礎的な情報の収集を行った。併せて他ドナーの協力内容を把握、分析しつつ、わが国協力の方向性を検討した。そして、関係省庁等との協議・意見交換を通して、具体的な協力案の形成を行った。

1-3 調査団の構成と日程

1-3-1　調査団の構成

(1) 総括・地質　　吉田　充夫　　JICA　国際協力専門員

(2) 協力企画　　七海　明子　　JICA 中東・欧州部中東第二・欧州チーム

(3) 土壌重金属汚染　　田中　一朗　　コンサルタント

(4) 土壌汚染地修復　　奥村　興平　　コンサルタント

1-3-2　調査日程

日付		調査工程	
		(官団員)	(コンサルタント団員)
6月6日	日	成田発→チューリッヒ着	
6月7日	月	チューリヒ発→スコピエ着 名誉総領事表敬訪問 安全対策ブリーフィング	
6月8日	火	農業水経済省表敬訪問・協議 スコピエ大学農業研究所訪問 スコピエ発→シュティップ着	
6月9日	水	スコピエ大学鉱山地質学部訪問 ズレトビッツア現地視察 ズレトビッツア水公団訪問 プロビシュティップ発→スコピエ着	
6月10日	木	環境都市計画省表敬訪問・協議 農業水経済省との協議 欧州統合局援助調整ユニット表敬訪問 スコピエ発（官団員）→ウィーン着	
6月11日	金	大使館、JICA 事務所報告	土木工学研究所、JICA 全国地理情報データベース整備計画調査団情報収集
6月12日	土		収集資料および情報整理
6月13日	日		収集資料および情報整理
6月14日	月		スコピエ発→シュティップ着 砒素鉱山、鉄ニッケル鉱山視察
6月15日	火		ササ鉱山、ズレトヴォ鉱山視察 ズレトビッツア水公団訪問 シュティップ→スコピエ着

6月16日	水		MOEPP情報センター、MOEPP中央試験所、地域環境センター情報収集
6月17日	木		地震研究所、地質調査所、スコピエ大学農学部、水理気象研究所情報収集
6月18日	金		スコピエ大学理学部生物学科、 国家統計局資料収集
6月19日	土		収集資料および情報整理
6月20日	日		収集資料および情報整理
6月21日	月		Water Development Institute, MOEPP EIA Department情報収集
6月22日	火		農業水経済省Questionnaire回答受領、面談予定調整および資料整理
6月23日	水		スコピエ大学理学部化学科、Institute for Health Protection、MOAFWE Soil Department
6月24日	木		Citizens' Committee for Development Probistip (NGO), HS Zletovica 情報収集
6月25日	金		Ministry of Economy: Department of Energy of Mineral and Resources
6月26日	土		収集資料および情報整理
6月27日	日		収集資料および情報整理
6月28日	月		MOEPP質問票回答打合せ、Ms. Sonja Lepitkova議員(Geo－Chemist in Stip)面談
6月29日	火		スコピエ大学農学部土壌・農業化学科、MOEPP、NEAP II
6月30日	水		Hydro-Meteorological Institute、Mining Institute、Geo-Hydro Project
7月1日	木		MOAFWE、MOEPP、名誉総領事挨拶、スコピエ大学土木工学部

			地盤工学部情報収集
7月2日	金		スコピエ発→ウィーン着 大使館、JICA事務所報告
7月3日	土		ウィーン発→チューリヒ チューリヒ発→
7月4日	日		成田着

1-4 調査結果の要約

- 要請書提出元の農業・水経済省をはじめとするマ国関係機関との協議、情報収集、現場視察を通じて状況を把握した。
- 土壌汚染・モニタリングに関し、農業・水経済省と環境・都市計画省の責任範囲がオーバーラップしていることや、EU 基準への準拠を志向しながらも、国家としての基準や法規制が未だ確立していないことを踏まえ、土壌汚染モニタリングを効率的・効果的に実施できる体制を整備するための協力フレームワーク(案)を作成した。
- 他方、マ国が JBIC による多目的ダムを利用して実施予定の灌漑プロジェクトの計画作りのため、ズレトビツァ流域の重金属汚染状況の把握と汚染地域の特定を急いでおり、これらに対する日本の協力を引き続き強く要望していることから、かかる活動を、上記の協力フレームワークに取り込み、パイロットスタディーと位置づけることとした。
- 農業・水経済省の求めにより、調査団のかかる考え方をメモランダムとして整理し、同省および環境都市計画省に手交、両省から同意を得た。
- 主たるカウンターパートとなる農業・水経済省には、ステアリングコミッティーの中心として、他の関連機関との情報共有を密にし、連絡・調整の任をも負ってもらう必要があることを説明し、同省の了解を得た。

第2章　マケドニアの概況

2-1 地形・地質

【地形】

マ国は約 25,700 km2（九州の約 2/3）の面積を有し、周囲を山に囲まれた国である。北には、Sar 山脈、Osogovska 山脈、西には、Pindus 山脈と Ohrid 湖、東には Rhodope 山脈、南には Olympus 山が分布する。国土の 80%は山岳丘陵地である。これは、３つの構造プレート、アフリカン・プレート、アジアン・プレート、ヨーロピアン・プレートが中欧地域で出会うことに起因している。すなわち、ギリシャ付近でアフリカン・プレートがヨーロピアン・プレートの下に潜り込んでいるために、マ国での現在の山岳地形が形成されている。そのため、マ国では頻繁に地震があり、また温泉も多い。南の国境付近には、３つの構造湖（Ohrid、Prespa、Dojran）がある。これらの湖は数百万年前の構造運動で形成されたものである

国内で一番長い川は Vardar 川であり、マ国の 80%の水を集めている。Gostivar 市の山岳地帯から発し、一度北上した後、東に方向を転じ、Skopje 市の東でさらに南に方向を転じた後、ギリシャを通ってエーゲ海に注いでいる。次に長いのが Vardar 川支川の Bregalnica 川である。こちらはマ国東部の Babin Cukar 山に源を発し、Kocani、Stip を通って Veles 市の南方で Vardar 川に合流する。

【地質】

マ国には先カンブリア紀～四紀までの広い範囲の地質が分布する。特に、第三紀の構造運動の影響が大きい。マ国の地質分布は概略 3 地域に区分される。すなわち、東から西に向かって Vardar ゾーン、Pelagonijan Horst Anticlinorium ゾーン、West Macedonian ゾーンに区分される。

【Vardar ゾーン】

低平な丘陵地および平野からなる。大半の地質を構成するのは、第三紀およびそれ以降の堆積物、火山岩および火山砕屑岩である。また、局所的に古生代の堆積岩、ジュラ紀のオフィオライト（斑糲岩、橄欖岩、輝緑岩等の複合体）、白亜紀の凝灰岩等が分布する。

【Pelagonijan Horst Anticlinorium ゾーン】

このゾーンに属する地質のうち、Prilep から Tetovo の東に至る幅約 30km の帯状ゾーンは主に先カンブリアン紀の結晶片岩、片麻岩、結晶質石灰岩からなる。結晶質石灰岩はゾーンの北部に分布するだけであり、

他のゾーンには、片岩・片麻岩が分布するが、南方方面はより新しい時代の堆積物で被覆されている。この地域は地塁（ほぼ平行に延びる断層群に挟まれて相対的に隆起した地塊）を形成しており、より古い時代の地質が分布する。これは、アフリカン・プレートとヨーロピアン・プレートの衝突による地域的な構造運動の結果生じたものである。

【West Macedonian ゾーン】

このゾーンは、Korab 山脈に代表される標高 2,000～3,000mの山岳地帯であり、アルバニアとの国境近くに位置する。この山岳地帯を構成する地質は、大半が古生層であり、アルバニアとの境界付近に一部中生層が分布する。古生層には片岩、砂岩の変成岩、大理石等も含まれる。Vardar 川の源流はこのゾーンから発している。

2-2 気象・水文

【気象】

マ国は、温暖大陸気候、修正地中海気候、山岳気候、の３つの気候ゾーンに分けられる。

温暖大陸気候は、マ国の代表的な気候であり、広い範囲に分布する。この気候は、相対的に温暖で乾燥した夏と寒冷多湿な冬で特徴付けられる。年平均降雨量は、地域により 490mm～760mm まで変化する。この地域では、雨、雪に加えて雹も降る。山岳気候は、国の西部の山岳地帯の気候である。この気候は、雪の降る長い冬と涼しく短い夏で特徴付けられる。マ国の中では降雨量の多い気候であり、雨・雪を合わせて 1,000mm 程度である。

修正地中海気候は、温暖で多雨な冬と乾燥した長い夏で特徴付けられる。春・秋は非常に短い。この気候に含まれるのは、Gevgelija、Valandovo、Dojran、Strumica、Vardar 川沿いの低平地（Skopje までの中心地域）等である。年間降雨量は少なく、Vardar 川周辺では、500mm 以下、東部では、600～750mm 程度である。雪はめったに降らない。

【水文】

マ国は大きく、Vardar 流域、Crn Drim 流域、Strumica 流域、の３流域に区分される。その他に、Dojran 湖等の小流域がある。

表２－１　マケドニア国の河川流域と流出量

河川流域	流域面積 (km2)	面積割合	流出量(m3/sec)		
			最大	最小	観測場所

		(%)			
Vardar 川	20,646	79.9	549.7	9.6	ST016 Gevgelija
Crn Drim 川	3,355	13.0	72.7	6.1	ST088 Lozhani
Strumica 川	1,520	5.9	60.6	0	ST104 Novo Selo
その他	292	1.2	-	-	-

注：流出量は 1961 年～1996 年間の観測値

マ国の地下水はその胚胎する地質により、大きく次の３タイプに分けられる。

- 未固結堆積層（第四紀および第三紀砂層・礫層）
- 断層、破砕帯
- 石灰岩地域

未固結堆積層中の地下水は、Polo valley（Tetovo－Gostivar）、Skopje valley、Vardar 川中流部（Veles）、Bregalnica 川上流部（Berovo—Delchevo）、Bregalnica 川中流部（Kochani－Stip）等に分布する。これらの堆積物中の地下水は、井戸で取水・利用されている。

一方、西部山岳地帯や東部丘陵地帯の地下水は、断層や破砕帯に胚胎している。

石灰岩分布域では、石灰岩や大理石の洞窟中に胚胎するものが多く、マ国中央の地塁部などで、湧水利用されていることが多い。

2-3 土地利用

マ国全体としては、農用地・森林の占める割合が圧倒的に多く、特に農用地は国土の半分を占める。国中に 106 の灌漑スキームがあり、124,000ha の供給能力を有するが、システムの非効率性から灌漑されているのは 80,000ha 程度である。

表２－２　土地利用状況

土地利用	面積(ha)	面積割合(%)
生産性のある土地	2,312,390	90.92
森　林	1,021,139	40.15
農用地	1,291,251	50.77

放牧地	633,562	24.91
可耕地	657,689	25.86
耕作地	554,162	21.79
果樹園	19,633	0.77
葡萄園	29,298	1.15
草地	54,596	2.15
非生産地	230,826	9.08
河川・水路	44,083	1.73
湖	43,410	1.71
宗教関係用地	1,300	0.05
道路・鉄道用地	34,094	1.34
居住地	35,113	1.38
その他	72,826	2.87
計	2,543,216	100.00

生産地の約半分が可耕地であり、国土の 1/4 に相当する。可耕地の一部は遺棄されている。これは国土の 1/5 に相当する。国土の 10%だけが高度土地利用されている一方で、やはり約 10%の非生産地がある。

さまざまな理由により、国土のもっとも肥沃な部分で可耕地の減少が続いているが、土壌浸食が最大の原因である。おおよそ土壌面積の 20%が侵食の影響下で形成されており、国土の 38%がそれ以上に強い侵食を受けている。

強い侵食作用により、森林の 60%が破壊され、これにより土地資源が減少している。

2-4 産　業

マ国の伝統産業は農業（たばこ、野菜、果物、ワイン、ジュース、食肉等）であったが、旧ユーゴスラビア時代に鉱業（クロム、銅、亜鉛、鉄）、鉄鋼、非鉄工業（銅線、ケーブル）、軽工業（繊維製品、被服）、組立て産業等の分野で工業化が行われた。

表２－３　マケドニア国の産業別国内総生産

産　業	2002 年国内総生産	
	百万 Dinar	%
A.　農業・狩猟・森林	22,933	12.12

B.　漁業	24	0.01
C.　鉱山および採石	1,312	0.69
D.　製造業	39,587	20.91
E.　電気・ガス・上水道	10,041	5.3
F.　建設業	11,801	6.23
G.　卸売り・小売業・自動車修繕等	26,076	13.78
H.　ホテル・レストラン	3,410	1.8
I.　運輸・倉庫・通信	21,694	11.46
J. 金融仲介	7,420	3.92
K. 不動産	8,304	4.39
L.　行政および防衛	14,445	7.63
M.　教育	8,048	4.25
N.　保健衛生	8,630	4.56
O.　その他の社会活動	5,548	2.93
P.　家事	0	0.0
Q.　その他	4	0.0
計	189,277	100

出典：Macedonia in figures 2003

これらの工業分野は他の社会主義国にも見られるように、必ずしも経済上の効率を考慮したものではないため、市場経済となり民営化が進み、現在、国内産業は大きな転換期を迎えている。

2002 年の産業別国内総生産でみると、製造業の占める割合が多く、ついで、卸売り・小売業、運輸・倉庫・通信、農業・狩猟・森林の順となる。鉱山および採石業は盛時に比べると落ち込みが激しい。

また、産業別外国投資に着目すると、運輸・倉庫・通信、製造業、金融などへの投資が多い。鉱山および採石業の 2002 年度外国投資はゼロである。この原因としては、この業界の生産性重視施策により、長年に渡り環境問題への対応が遅れてきた点が挙げられる。厳しい環境管理を迫られる外国企業にとって、負の環境インパクトを抱えた産業には投資しにくい。そのため、過去の負の遺産である環境汚染の課題を解決しなければ、新たな投資は生まれにくい状況となっている。

表２－４　　産業別外国直接投資

産　業	国内総生産(千 US＄)	
	2001 年	2002 年
A.　農業・狩猟・森林	1,899	721
C.　鉱山および採石	5,343	0
D.　製造業	18,801	30,889
F.　建設業	83	269
G.　卸売り・小売業・自動車修繕等	3,204	6,160
H.　ホテル・レストラン	3,316	368
I.　運輸・倉庫・通信	351,143	9,426
J. 金融仲介	65,284	29,668
K. 不動産	0	152
N.　保健衛生	26	0
O.　その他の社会活動	5	159
計	449,104	77,812

出典：Macedonia in figures 2003

2-5　環境関連法制度

マ国は現在EU加盟を目指す一連の活動の中で、環境関連法制度についてもEU統合化を計画中である。その中で、すでに下記５法律の原案が完成している。

THE LAW ON ENVIRONMENT
THE LAW ON AIR QUALITY
THE LAW ON WATERS
THE LAW ON WASTE MANAGEMENT
THE LAW ON NATURE PROTECTION

MEPPの話によれば、今後、必要に応じて議会での質疑を踏まえた改訂を加え、来年早々には発効する見込みである。ただし、この中でも土壌汚染に関する記述はない。

また、現在、国家環境行動計画（NEAP）の見直し中であり、来年には1996年版の改訂版であるNEAP IIが刊行される予定である。

現況のマ国の環境および自然保護システムの法的根拠は、次の法規によっている。

- The Law on Environment and Nature Protection and Improvement ("Official Gazette of RM" No: 51/00, revised version), as a framework law in this area;
- The Law on Natural Rarities Protection ("Official Gazette of SRM" No: 41/73);
- The Law on National Parks Protection ("Official Gazette of SRM" No: 33/80);
- The Law on Ohrid, Prespa and Doyran Lakes Protection ("Official Gazette of SRM" No: 45/77)

また、以下に示すように、個々の置かれた状況により政府より特別な保護が加えられている地区がある。

- . The Law on Declaration of Forest Areas of the Pelister Mountain for National Park ("Official Gazette of NRM" No: 38/48 and "Official Gazette of SRM" No:16/65);
- The Law on Declaration of Forest Areas around Mavrovo Fields (Lake) for National Park ("Official Gazette of NRM" No: 10/49. 23/52 and 16/65);
- The Law on Declaration of Forest Areas of the Galicica Mountain for National Park ("Official Gazette of NRM" No: 31/58);
- The Law on Declaration of Ornithological Site Ezerani on the Prespa Lake for Strict Natural Reserve ("Official Gazette of RM" No: 37/96)
- The Law on Declaration of Ornithological Site "Tikves" in the Canyon of Crna Reka for a Strict Natural Reserve ("Official Gazette of RM" No: 35/97);
- Book of Regulations for enforcement of measures for the protection of the Strict Natural Reserve "Ezerani" on the Prespa Lake ("Official Gazette of RM" No: 29/97);
- Book of Regulations for enforcement of measures for the protection of the Strict Natural Reserve "Tikves" in the Canyon of Crna Reka ("Official Gazette of RM" No: 44/97);

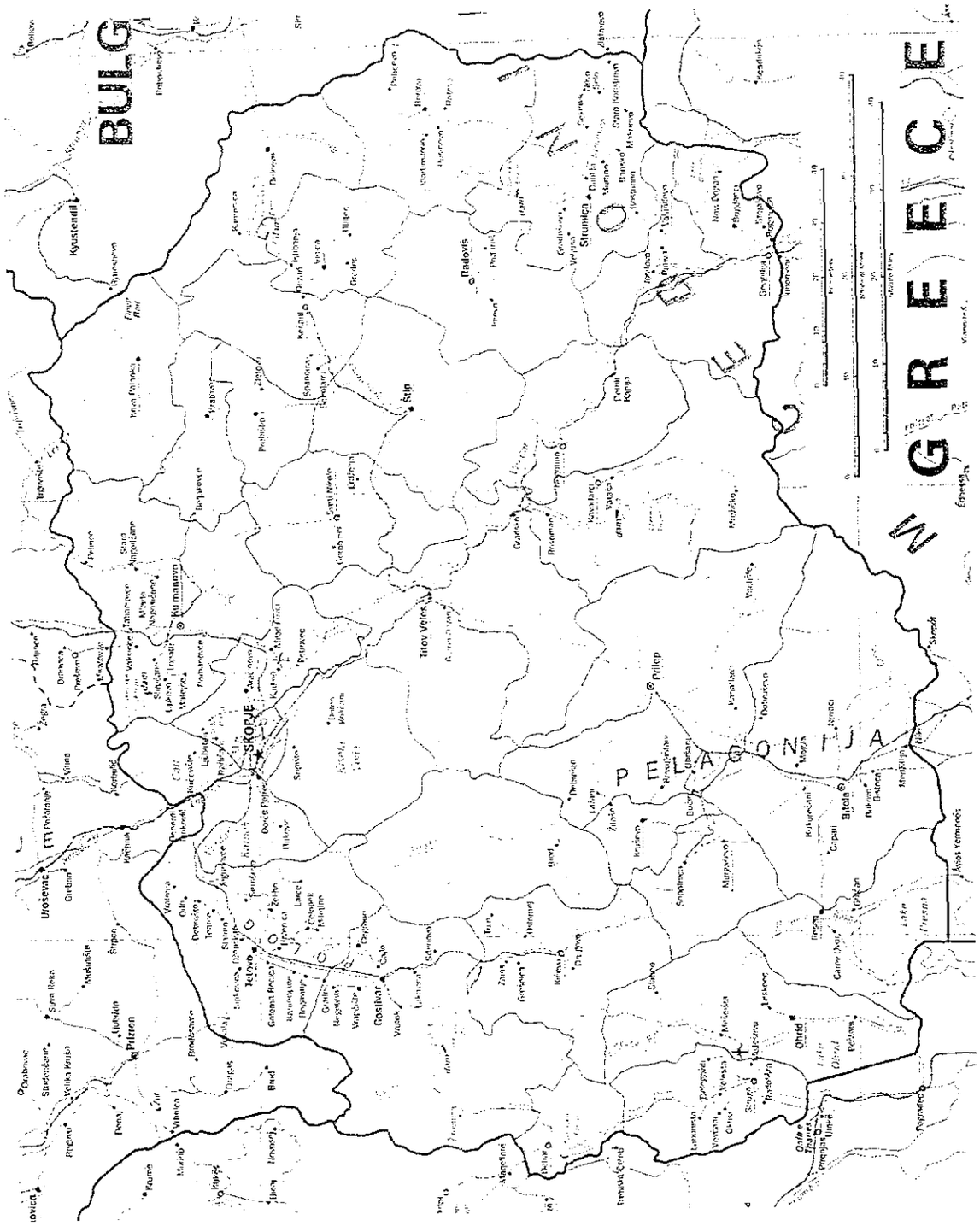
その他に、他の法的フレームワークの中で環境および自然保護が規制されている以下のようなケースがある。

- The Law on Waste ("Official Gazette of RM" No: 37/98);
- *Law on the Maintenance of Public Hygiene, Collection and* Transportation of Communal Solid and Industrial Waste ("Official Gazette of RM" No: 37/98);

- The Law on Spatial and Urban Planning ("Official Gazette of RM" No: 4/96);
- The Law on Hunting ("Official Gazette of RM" No: 20/96);
- The Law on Fishing ("Official Gazette of RM" No: 62/93);
- The Law on Forests ("Official Gazette of RM" No: 47/97);
- The Law on Waters ("Official Gazette of RM" No: 4/98);
- The Law on Investment Buildings Development ("Official Gazette of RM" No:15/90);
- The Law on Geological Research and Exploitation of Mineral Raw Materials ("Official Gazette of SRM" No: 18/88);
- The Law on Protection against Fires ("Official Gazette of SRM" No: 43/86, 37/87; 51/88; 36/90; and 12/93).
- The Law on Management and Use of Pastures ("Official Gazette of SRM" No:20/74);
- The Law on Air Protection against Pollution ("Official Gazette of SRM" No:20/74; 6/81; 10/90; 62/93);
- The Law on Harmful Noise Prevention ("Official Gazette of SRM" No: 28/84; 10/90; and 62/93);
- The Law on Hydrometeorological Matters ("Official Gazette of RM" No:19/92);
- Criminal Code of RM ("Official Gazette of RM" No: 37/96);
- The Law on Public Works ("Official Gazette of RM" No: 45/97);
- The Law on Protection against Explosive Matters ("Official Gazette of SRM" No: 18/76);
- The Law on Toxic Matters Production ("Official Gazette of SRM" No: 4/78);
- The Law on Trade in Toxic Matters ("Official Gazette of RM" No: 13/91);
- The Law on Transportation of Toxic Matters ("Official Gazette of RM" No: 27/90);
- The Law on Protection against Ionising Radiation and Nuclear Safety ("Official Gazette of SFRY" No: 53/91 – adoption of new law is under Parliamentary procedure)
- Resolution on Doyran Lake ("Official Gazette of RM" No: 45/95);
- The Law on Agricultural Land ("Official Gazette of RM" No: 25/98);
- The Law on Storage and Protection against Inflammable Liquids and

Gases ("Official Gazette" No: 15/76; 51/88; 19/90 and 12/93)

- The Law on Inspection of Steam Boilers and Plants under Pressure ("Official Gazette of RM" No: 23/90);
- The Law on Protection against Smoking ("Official Gazette of RM" No: 36/95)
- The Law on Investment Development
- Book of Regulations on the manner and the terms for submitting the reports on performed measurements, control and recording of measurements of released harmful matters into the air ("Official Gazette of SRM" No: 9/76)
- Book of Regulations on the maximum permissible concentrations and quantities of other harmful matters that may be released into the air from individual sources of pollution ("Official Gazette of SRM" No: 3/90);
- Book of Regulations on the classification of facilities that could pollute the air in populated settlements by releasing harmful matters and establishment of zones for sanitary protection ("Official Gazette of SRM" No: 13/76)
- Book of Regulations on the manner and the terms for measurements, control and recording of measurements and of released harmful matters into the air from facilities, plants and devices that could pollute the air above the maximum permissible concentrations ("Official Gazette of SRM" No: 13/76
- Book of Regulations on the methodology of monitoring and identification of harmful matters in the air ("Official Gazette of SRM" No: 9/76)
- Book of Regulations on the manner and procedure for enforcement of urban rehabilitation measures ("Official Gazette" No: 11/97).


BULG
GREECE
SKOPJE
PELAGONIJA
Kumanovo
Kriva Palanka
Kratovo
Kočani
Štip
Titov Veles
Prilep
Bitola
Ohrid
Gostivar
Tetovo
Kičevo
Debar
Struga
Strumica
Radoviš
Gevgelija
Valandovo
Negotino
Demir Kapija
Kavadarci
Sveti Nikole
Probištip
Delčevo
Makedonska Kamenica
Staro Nagoričane
Lipkovo
Čučer Sandevo
Aerodrom
Ilinden
Gazi Baba
Centar
Karpoš
Kisela Voda
Saraj
Šuto Orizari
Bogdanci
Dojran
Ilinden
Bogdanci
Novo Selo
Ljubanci
Ramno
Bitola
Mogila
Novaci
Dobrušino
Demir Hisar
Sopotnica
Makedonski Brod
Plasnica
Ohrid
Vevčani
Centar Župa
Resen
Prespa
Ljubojno
Dolneni
Krivogaštani
Kavadarci
Rosoman
Lozovo
Sopište
Čučer Sandevo
Ilinden
Aerodrom
Gazi Baba
Centar
Karpoš
Kisela Voda
Saraj
Šuto Orizari
Bogdanci
Dojran

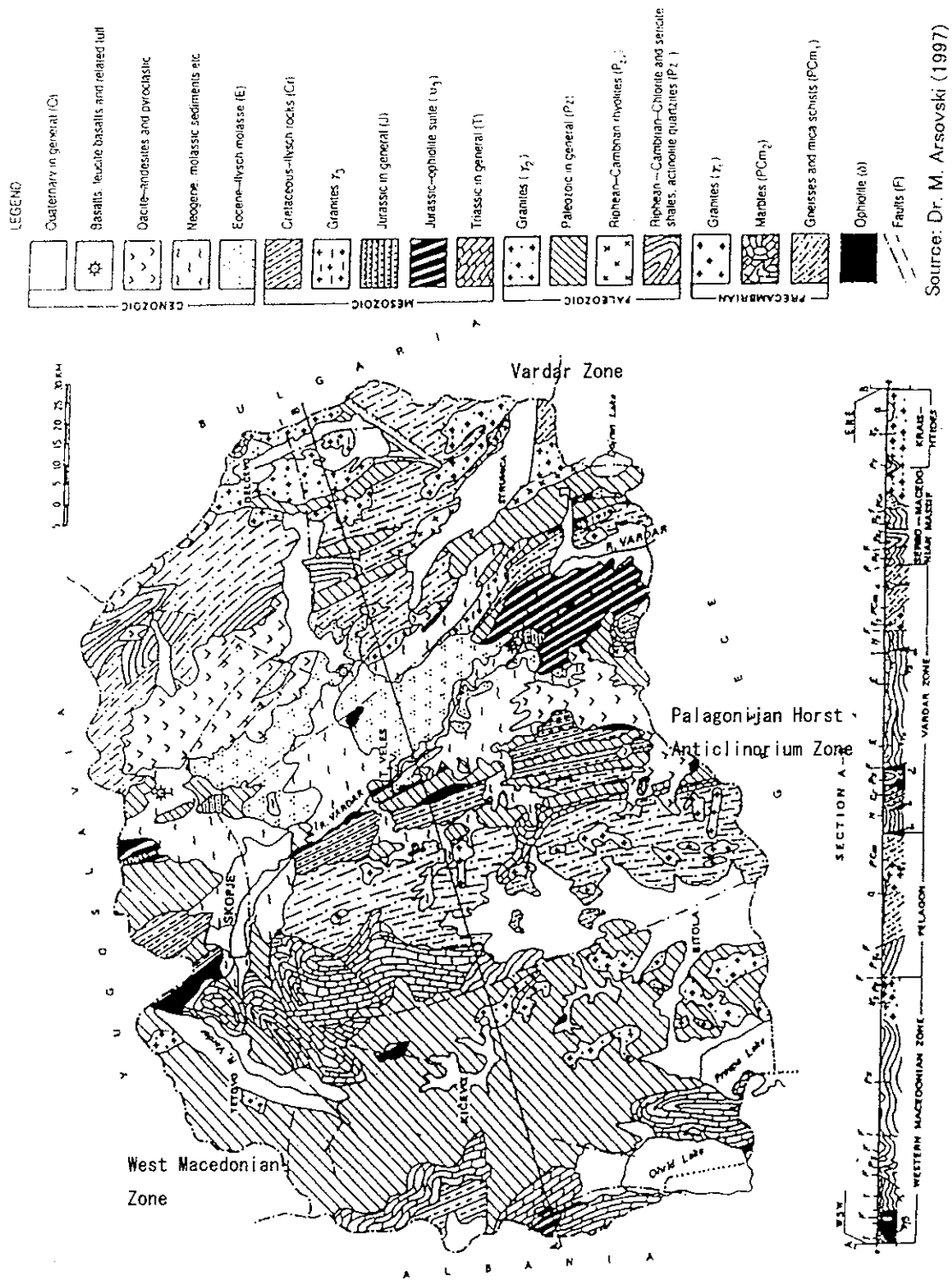

LEGEND
Quaternary in general (Q)
Basalts, leucite basalts and related tuff
Dacite–andesites and pyroclastic
Neogene: molassic sediments etc
Eocene–flysch molasse (E)
Cretaceous–flysch rocks (Cr)
Granites
Jurassic in general (J)
Jurassic–ophiolite suite
Triassic in general (T)
Granites
Paleozoic in general (Pz)
Riphean–Cambrian rhyolites
Riphean–Cambrian–Chlorite and sericite shales, actinolite quartzites
Granites
Marbles
Gneisses and mica schists
Ophiolite
Faults (F)
CENOZOIC
MESOZOIC
PALEOZOIC
PRECAMBRIAN
Source: Dr. M. Arsovski (1997)
Vardar Zone
Palagonijan Horst Anticlinorium Zone
West Macedonian Zone
SECTION A–B
WESTERN MACEDONIAN ZONE
PELAGON
VARDAR ZONE
SERBO–MACEDONIAN MASSIF
KRAIS–VITOSA
SKOPJE
VELES
R. VARDAR
ETOLA
OHRID LAKE
PRESPA LAKE
A L B A N I A

図２－２　地質図

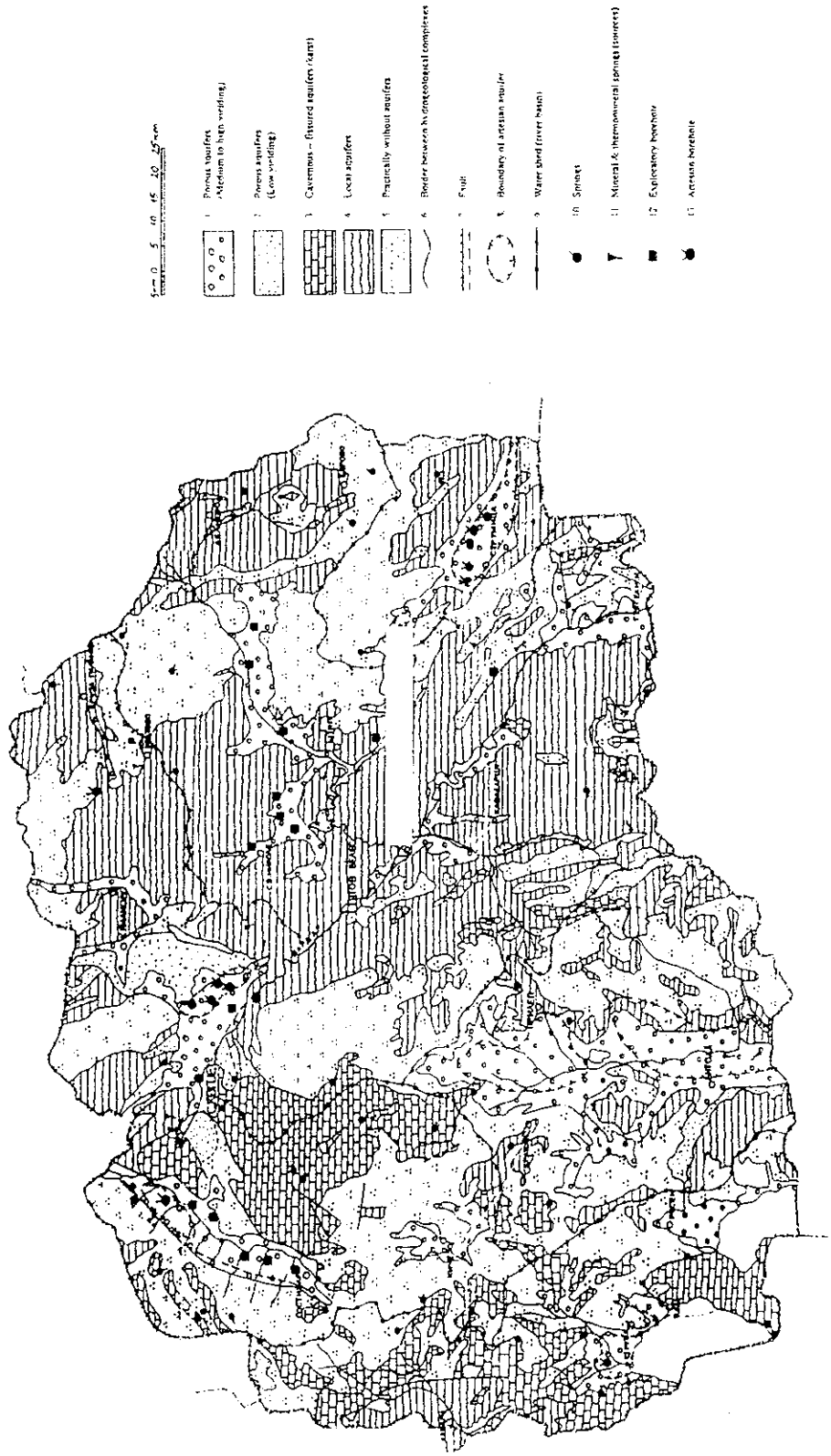


図２－３　水理地質図

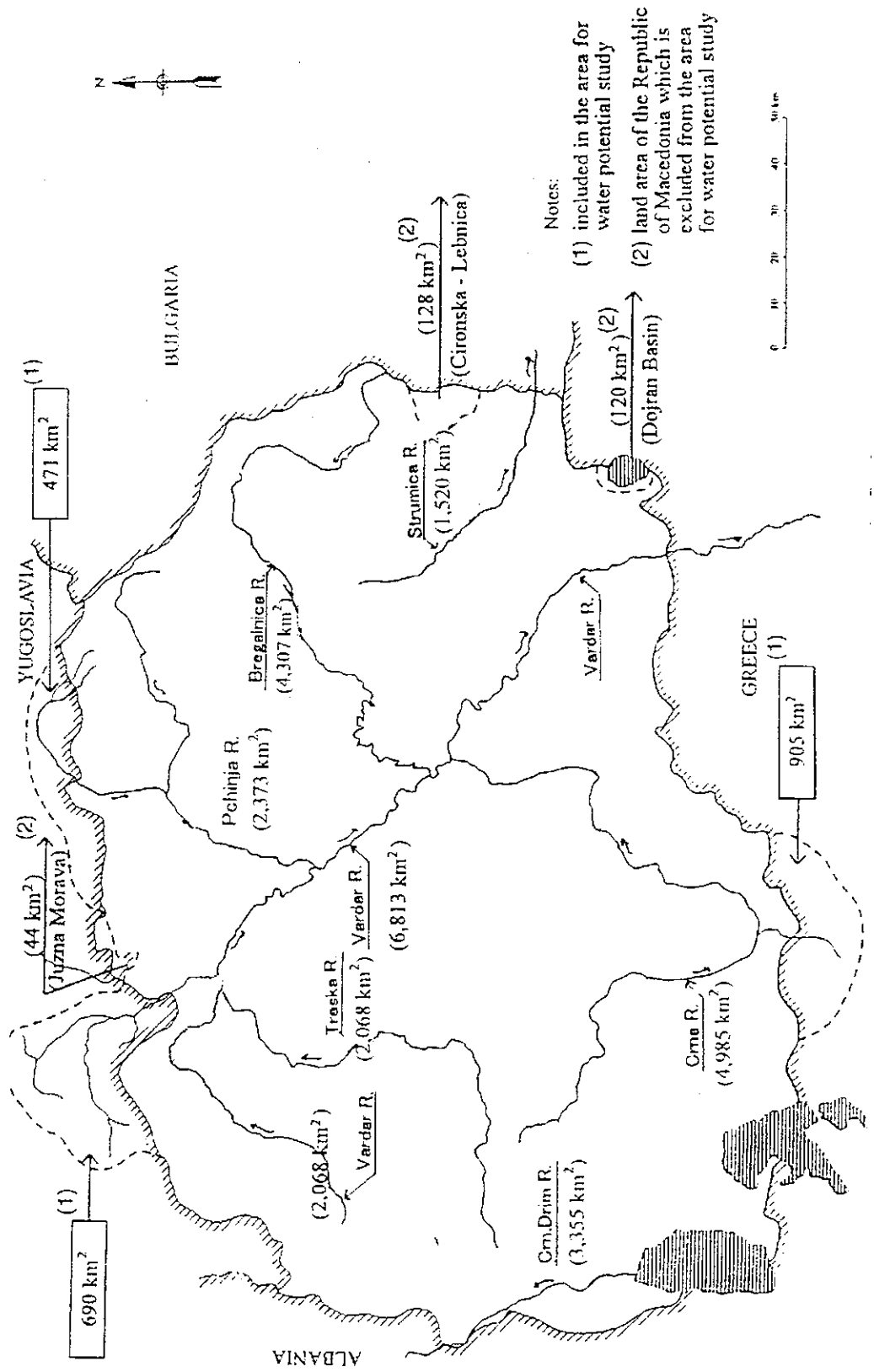

N
BULGARIA
YUGOSLAVIA
GREECE
ALBANIA
Notes:
(1) included in the area for water potential study
(2) land area of the Republic of Macedonia which is excluded from the area for water potential study
471 km²
(1)
690 km²
(1)
905 km²
(1)
(44 km²)
(2)
Juzna Morava
(128 km²)
(2)
(Cironska - Lebnica)
(120 km²)
(2)
(Dojran Basin)
Strumica R.
(1,520 km²)
Bregalnica R.
(4,307 km²)
Pchinja R.
(2,373 km²)
Vardar R.
(6,813 km²)
Vardar R.
Treska R.
(2,068 km²)
Vardar R.
(2,068 km²)
Cm.Drim R.
(3,355 km²)
Crna R.
(4,985 km²)

図２－４　　水系図

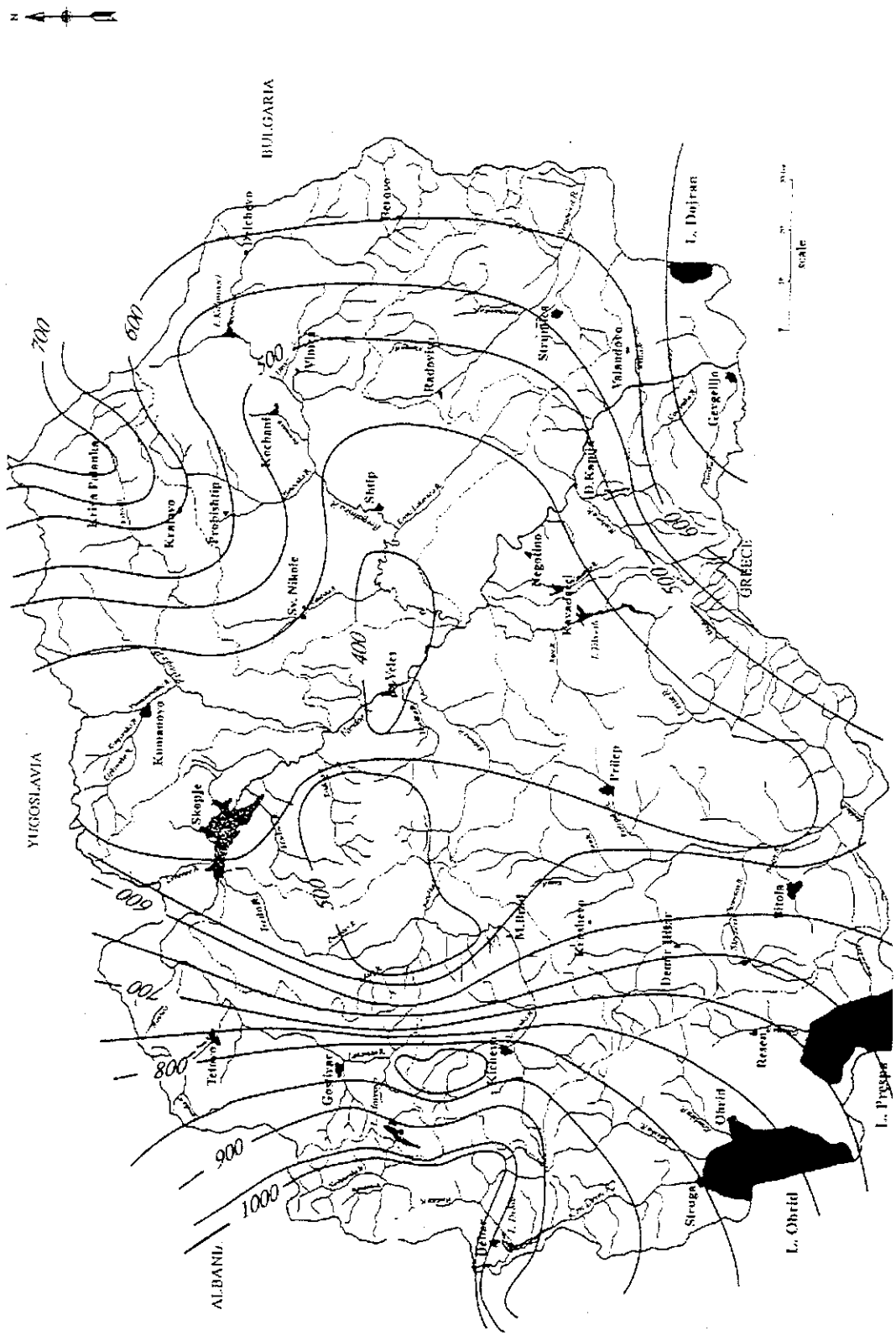


図２－５　ハイエトグラフ（雨量図）

第3章　マケドニアにおける土壌汚染・対策の現況と課題

3-1 マケドニアにおける土壌汚染の状況

表３－１は産業活動に起因するマ国の都市別環境汚染の状況を示している。この表から、土・水の汚染地域はある程度地域が限定されている傾向が読み取れる。

（注：本節で引用されている図表の出典は、特に明記されない限り、Soil degradation as a component of the environment in the Republic of Macedonia, Gjorgji Filipovski, Skopje 2003, Macedonian Academy of Science and Ars、である。）

表３－１　産業に起因する相対的汚染

都市	土・水の汚染	大気汚染
Skopje	xx	xxx
Veles	xxx	xxx
Bitola	xxx	xxx
Tetovo	xx	xx
Kriva Palanka	xx	x
Kavadarci	x	x
Kichevo	-	xx
Kumanovo	-	xx
Ohrid	-	xx
Prilep	-	xx
Probistip	xx	-
Radovish	xx	-
Berevo	-	x
Gevgelija	-	x
Gostivar	-	x
Kochani	-	x
Negotino	-	x
Resen	-	x
Strumica	-	x
Stip	-	x
汚染レベル：x－ 不満足、xx－ 重大、xxx－ 極限		

出典：NEAP

一般に土壌汚染問題を概括する場合、汚染源とその汚染経路毎にまと

めると問題を捉えやすい。すなわち、有害廃棄物や有害化学物質と土壌が直接接することによりおきる土壌汚染、汚染した水を経由して発生する土壌汚染、粉塵など大気を経由した土壌汚染等である。そのため、以下では、マ国の土壌汚染の現況を、汚染原因物質とその汚染経路ごとにまとめた。

1）　汚染源

マ国における土壌汚染の主な原因物質としては主に、鉱山廃棄物、産業廃棄物、農薬等が挙げられる。

a) 鉱山廃棄物

マケドニアでは、鉛、亜鉛、ニッケル、銅、クロミウムが重要な鉱物である。この他に相対的に大量の、純度の高い非金属鉱物が存在する。これらを採掘する鉱山からの廃棄物は大きく次の 2 グループに分けられる。

i)　亜炭鉱山から出る重金属を含まない岩石・土砂類

ii)　Fe、Zn、Pb、Cu、Ni 鉱山（Zletovo、Sasa、Toranica、Bucim、Kavadarci）と Cr、Sb、As 鉱山（Radusa、Lojane）からの廃棄物。

グループ ii)の廃棄物は土壌を重金属で汚染する可能性がある。この種の廃棄物は約 163 百万 ton に及ぶ。もし、洪水等により鉱山・精錬所の廃棄物が川に達すると、この廃棄物を通過した水が土壌を汚染する可能性がある。冶金施設周辺では、鉄・鋼鉄・合金（Skopje の Iron Mills）、亜鉛・鉛（Veles の Zletovo factory）、鉄ニッケル（Kavadarci の Fenimac factory）、鉄クロミウム（Jegunovce の Jugochrom factory）生産過程で大量の一般廃棄物（約 6,000,000 ton）が生成される。これらのスラグ廃棄物は重金属を含み、土や水を汚染する可能性がある。

表３－２　金属鉱山とその廃棄物量

鉱山	廃棄物の種類と量(ton)		汚染物質
Zletovo 鉱山	浮遊選鉱沈殿物	12,500,000	Pb, Zn, Cd, Cu, CN、浮選剤
Sasa 鉱山	浮遊選鉱沈殿物	10,500,000	Pb, Zn, Cd, Cu, CN、浮選剤
Toranica 鉱山	浮遊選鉱沈殿物	1,500,000	Pb, Zn, Cd, Cu, CN、浮選剤

Bucim 鉱山	鉱山廃棄物	80,000,000	Cu
	浮遊選鉱沈殿物	52,000,000	Cu, 浮選剤
Lojane 鉱山	砒素濃縮物質	6,000,000	As, An?

b) 産業廃棄物

環境に対し危険な廃棄物は、その他の産業施設周辺でも廃棄されている。マ国の都市廃棄物は約 20,500,000m3（年間 6,000m3）に達する。有用な土地（一等農用地）のうちの 70,000 ha が廃棄物盛土用地に転用されている。産業廃棄物による土壌汚染は深刻である。1990～1995 間の年間灰・スラグ生産量は 1.2 百万 ton であった。その規制は単に「現地で排出されるべき」としかされていないため、不明瞭であり、それがために環境問題の火種になっている。

モニタリングおよび規制は不十分である。さらに、不法な廃棄物盛土や無差別な一般廃棄物の投棄もまた土や水の汚染を生み出している。

表３－３　冶金産業由来の廃棄物

工場	廃棄物の種類	量(ton)	汚染物質
鉄工場 (Skopje)	Fe 残渣	2,000,000	FeO, CaO, MgO, Al2O3, SiO2, P2O5
	Si-Mn 残渣	74,000	FeO, CaO, MgO, Al2O3, SiO2, MnO
Jugohrom (Jegunovce)	Fe-Mn 残渣	460,000	SiO2, CaO, MgO, FeO, Al2O3, Cr2O3
	クロム沈殿物	385,000	SiO2, CaO, MgO, FesO3, Al2O3, Cr2O3
鉛・亜鉛溶融工場 (Veles)	鉛・亜鉛残渣	790,000	FeO, CaO, SiO2, Zn, Pb, Cu, S
Fenimak (Kavadarci	残渣	2,200,000	FeO, CaO, MgO, Al2O3, Cr2O3, SiO2, N

c) 農薬

今回の調査対象ではないが、マ国では、施肥、殺虫剤、除草剤な

ど、各種の農薬が使われている。しかもその量は大量である、との情報があった。

d) その他

マ国では、下水道が整備されておらず、廃水は大半が未処理で公共水域に放流されている。また、一般廃棄物の管理も不十分である。これらに起因する汚染が考えられる。

2）　　汚染経路別土壌汚染（水質汚染経由）

第二次世界大戦直後、都市化および工業化以前は、マ国の水は相対的に清浄であり、土壌浸食に起因する SS のみが問題であった。今日、状況は一変しており、市街地・鉱山・火力発電所・冶金施設・工業施設からの廃水が公共水域に流れ込んでいるが、大半は浄化されていない。これらの廃水は可溶性有機物や鉱物（種々の塩類、ジプサム懸濁粒子）、繊維、油派生物質、重金属（Cu、Zn、Pb、Cr、Ni、Fe、Mn、Hg）、化学化合物（シアン化合物、フェノール、ポリマー、殺虫剤、洗剤および有害物質）、塩基、有機酸および鉱酸（無機酸）、液体塩素、栄養物、アンモニア水等を含んでいる。これらの 500 百万 m3 を越える廃水が毎年公共水域に流入している。

表３－４　表流水中の重金属平均含有量（1988－1994）

Heavy metals average content (1988 - 1994) in surface waters (µg/l)

Содржина на тешки метали / Heavy metals content / Реки / Rivers location	Суспендирани материи / Suspended matters – mg/l	Растворени материи / Dissolved matters – mg/l	Fe	Mn	Pb	Zn	Cd	Cr[VI]
Вардар – Vardar								
Вруток – Vrutok	22	129	23	9	5	25	0,0	1
Лепенец – Lepenec	46	167	297	43	9	46	1,0	35
Сарај, Скопје / Seraj, Skopje	48	171	327	52	13	43	0,5	22
Дурманли – Durmanli	59	224	420	50	13	57	1,6	17
Башино Село / Bašino Selo	54	216	360	68	15	65	2,9	10
Велес – Veles	69	255	415	77	30	85	6,3	12
По утоката на р. Babuna / After confluence of r. Babuna	61	243	485	67	29	85	5,3	10
Ногаевци – Nogaevci	58	363	425	70	26	75	3,6	10
Старо Градско / Staro Gradsko	101	405	568	62	18	34	1,7	20
Гевгелија – Gevgelija	65	314	397	61	16	63	1,4	7
Брегалница – Bregalnica								
Работивиште / Trabotiviště	39	187	254	37	9	20	33,5	0
Крупиште – Krupište	61	356	566	376	10	45	1,7	1
Убово – Ubovo	102	439	458	130	11	35	1,5	3
Црна Река – Crna Reka								
Тополчани – Topolčani	44	275	365	49	10	55	6,0	1
Скочивир – Skočivir	68	281	463	62	8	34	0,5	3
Тиквешко Езеро / Tikveš Lake	36	196	127	10	6	24	16,1	1
Паликура – Palikura	39	276	112	9	1	34	1,3	2
МДК - Maximum allowed concentration	I - II кл.	-	0 - 300	0 - 50	0 - 10	0 - 100	0 - 0,1	0 - 10
	III - IV кл.	-	300 - 1000	50 - 1000	10 - 50	100 - 200	0,1 - 10	10 - 50

表３－５　　Vardar 川の重金属含有量（μg/m）

Content of Pb, Zn, Cd and Cr in the waters of the Vardar (µg/m)

Тешки метали Heavy metals / Локација Location	Pb					Zn					Cd					Cr			
	1972/73	1981/82	1991	1992/93	1993/94	1972/73	1981/82	1990	1992/93	1993/94	1972/73	1981/82	1990	1992/93	1993/94	1972/73	1981	1990/91	1993/94
Бачиште – Vratok	6	35	6	5	-	87	75	40	28	-	-	0,7	0,2	0,2		1	1	1	
Бачиште Дол – Bačište Dol	-	13	1	4	-	-	71	136	43	-	-	1,7	1,7	0,6		2	1	1	
Скопје – Skopje	-	23	15	16	-	-	95	50	37	-	-	1,5	1,1	0,5		7	4	4	
Шутка – Šutka	9	13		5	-	74	90	45	46	-	-	2,3	0,4	1,0	-	5	15	39	-
Скопје (Треска) Skopje (Treska)	5	10	64	12	-	85	23	94	43	-	-	1,3	0,2	0,1		11	11	20	
Скопје (Вардар) Skopje (Vardar)	-	16	6	1	-	-	55	35	34	-	-	0,7	0,4	0,5	-	22	4	4	-
Скопје (Колник, Бенки) Skopje (Kolnik, Benki)	-	19	14	12	-	-	58	67	38	-	-	0,7	0,5	0,6	-	17	7	10	-
Лисичиври – Lisičiviri	13	21	16	13		95	75	62	57	-	-	1,1	0,3	1,0	-	10	10	17	-
Бабино Село Babino Selo	-	25	20	15	48	95	107	73	68	229	-	1,7	0,7	0,9	4,0	11	8	13	-
Велес – Veles	22	64	30	32	112	140	160	102	85	265	8,2	6,0	6,5	6,5	16,3	8	5	12	-
Под Бабуна Under Babuna	-	50	40	23	106	-	164	113	65	274	-	6,1	5,8	5,5	20,1	11	11	16	-
Ногаево – Nogaevo	15	42	62	23	109	104	177	109	75	282	6,0	7,1	5,0	3,6	24,1	13	11	19	
Бело Градско Bělo Gradsko	-	46	17	18	-	-	163	41	34	-	-	4,1	3,0	1,7	-	15	4	20	-
Демир Капија Demir Kapija	-	45	44	17	-	-	125	70	53	-	-	3,9	6,0	1,0	-	16	4	11	-
Гевгелија – Gevgelija	14	47	27	13	-	95	92	65	53	-	7,5	2,5	2,4	1,4	-	6	3	7	-

大きな河川の中には、灌漑水には適さない水質の区間がある。特に、汚染の激しい河川は次のとおりである。Vardar 川の一部、Bistrica 川の一部（Jegunovce）、Kumanovska 川、Bregalnica 川、Strumesnica 川、Dragor 川、Crna 川、Golema（Resen）川等である。

大学・研究所等による調査データは、河川や湖の重金属含有量の増加を示している。Zletovska 川や Kicevska 川では 1000g/ℓ以上の鉄が検出され、Kemanica 川や Topolnica（Bucim 鉱山下流）では、1000g/ℓ以上のマンガンが検出されている。

鉛は河川の主要な汚染物質である。Vardar 川、Bregalnica 川、Kriva 川、Peinja 川のある区間で高濃度の鉛が検出されている。また、例外的に高濃度の鉛が鉱山の精錬所下流の河川（Zletovska、Kamenicka、Toranica）で検出されている。

亜鉛による汚染の程度は一般に低いが、Vardar 川の Veles の南部分で高濃度のものが検出された。特に高濃度の亜鉛が、Zletovska 川、Kameniska 川、Toranica 川、Drogor 川、Kumanovska 川で検出され続けている。

マ国全体では、全般にカドミウムの汚染程度は低いが、高濃度のカドミウムが Vardar 川の Veles の南部分で追跡されている。

銅、コバルト、ニッケルはほとんど汚染物質となる濃度にはなっていない。砒素は鉱山からの精錬水で汚染された川で検出される。Treska と

Crn Drim 川では大量の水銀が検出されたことがある。

局所的な重金属汚染が Ohrid、Prespa、Dojran 等の自然湖で始まっている。これは同湖で採取した魚の肝臓に含まれる重金属量が増加していることから明白である。

表３－６　　Ohrid 湖の魚に含まれる重金属量

Heavy metals content (mg/kg of fresh matter) in the tissues of Ochrida Lake

Видови риби Kind of fishes	Ткиво Tissue	Тешки метали - Heavy metals						
		Cu	Zn	Mn	Fe	Cr	As	Hg
Пастрмка (2 - 3 год.) *Salmo letnica* Kar. (2 - 3 years)	мускул muscule	3,85	9,66	0,75	0,68	0,10	0,02	0,00
	црн дроб liver	91,25	14,14	0,43	38,75	0,07	0,00	0,00
Пастрмка (1 - 5 год.) *Salmo letnica* Kar. (1 - 5 years)	мускул muscule	2,10	2,14	0,08	4,45	0,07	0,00	0,00
	црн дроб liver	75,00	36,19	0,87	161,75	0,12	0,01	0,20
Белванца (3 год.) *Acanthobrycon ohridana* Kar. (3 years)	мускул muscule	1,55	3,85	0,10	2,21	0,05	0,02	0,00
	црн дроб liver	22,50	32,97	1,19	170,80	0,12	0,07	0,01
Белванца (5 - 6 год.) *Acanthobrycon ohridana* Kar. (5 - 6 years)	мускул muscule	4,45	3,97	0,18	6,20	0,07	0,02	0,01
	црн дроб liver	31,12	86,50	0,70	269,81	0,16	0,06	0,03
Плашица *Alburnus Alburnus* L.	просек average	2,50	15,10	2,75	21,10	0,40	0,11	0,03

また、重金属は河川の底質中にも沈積している。Veles 下流の Vardar 川にこの傾向が見られる。

河川水の影響による土壌汚染はマ国では灌漑を通しておこる可能性があるが、幸い、一部の例外を除き、現状は灌漑に適した水質を維持している。これは、大半が、汚染されていない上流部にある人工施設により河川水を貯留し、灌漑に利用されているためである。

Tikves 湖は汚染水が流入しているが、それにも係らず、現状は、灌漑に適した水質を維持している。例外のひとつは、Zletovska 川付近の土壌であり、汚染水による灌漑と洪水で汚染が広がった。直接、間接を問わず、汚染された河川水が灌漑に使われた場合、汚染の危険がある。

地下水中の重金属その他の有害物質についても、広範囲ではないが研究されている。しかし、地下水を介しての土壌汚染は現状稀である。その例として Jugohrom での六価クロム汚染が挙げられる。

表３－７　Vardar 川・Bregalnica 川周辺の地下水に含まれる重金属量

Heavy metals content in ground waters near the Vardar and Bregalnica rivers

Содржина на тешки метали Heavy metals content / Локација Location	pH	Растворени материи Dissolved matters (mg/l)	µg/l							
			Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ni	Co	Cr
Вардар – Југохром Vardar - Jugohrom	7,9	263	9	413	4	64	1	9	4	41
Пиезометар No 1	7,8	295	11	1.014	9	121	–	7	6	6
Вардар – Злокукани Vardar - Zlokućani	7,8	300	28	56	19	158	5	8	6	16
Пиезометар No 1	7,6	610	24	90	11	58	4	14	15	11
Пиезометар No 2	7,6	597	24	130	21	265	9	14	17	11
Вардар – Зелениково Vardar - Zelenikovo	7,6	326	12	51	16	49	4	6	-	14
Пиезометар No 1	7,0	825	27	1.435	68	46	24	13	17	9
Пиезометар No 2	7,6	741	25	169	23	64	4	19	14	11
Вардар – Велес Vardar - Veles	7,6	299	9	56	6	96	4	7	4	10
Пиезометар No 1	8,0	436	13	168	32	76	72	9	7	4
Пиезометар No 2	7,7	518	16	192	10	30	19	10	10	9
Вардар – Демир Капија Vardar - Demir Kapija	7,6	368	13	70	17	95	8	9	9	6
Пиезометар No 1	7,7	308	12	65	6	125	117	7	7	6
Пиезометар No 2	7,6	552	18	503	13	192	131	10	7	7
Вардар – Гевгелија Vardar - Gevgelija	7,6	346	9	41	5	105	7	6	6	9
Пиезометар No 1	7,5	681	15	578	17	203	163	10	6	11
Пиезометар No 2	7,6	546	8	1.130	6	231	78	5	5	6
Брегалница Bregalnica	7,7	531	10	65	15	62	18	3	10	5
Пиезометар No 1	8,0	1.498	25	389	19	280	261	15	12	14
Пиезометар No 2	7,9	470	13	466	11	210	91	6	4	9

３）　　汚染経路別土壌汚染（大気汚染経由）

大気汚染の原因には、交通、火力発電所、冶金その他の産業があり、その結果、都市部では、土壌が汚染されている。大気汚染は Skopje や Veles のような都市で一番激しい。Skopje では、24 時間にわたって、次の汚染物質が排出されている。

CO　11,415Kg;　　SO2　11,394Kg;

NO2　4,948Kg,　　重金属を含んだ粉塵 2,042Kg

また、自動車は Skopje で次の量を排出している。

SO2　88.6 ton/年;　　揮発性有機化合物　4,252　ton/年;

CO 16,400 ton/年;

NO2　2,600 ton/年;　　Pb　31.6 ton/年;　　SS　410 ton/年

これらの排出量は、ほとんどが日許容値を越えている。

また、Skopje 都市部における土壌と植物中の重金属（鉛、亜鉛、銅）測定結果をみると、いくつかの地点で許容値を越えている。

表３－８　　Skopje 市における浮遊粒子中の重金属

Suspended particles content and heavy metals in them in Skopje

Локација - раскрсница Location - cross-roads	Датум Date	Суспендирани честички Suspended particles μg/m³ (06 / 18 hours)	Тешки метали Heavy metals μg/m³				
			Pb	Cd	Fe	Zn	Mn
Бул. Гоце Делчев и Крсте Мисирков Blvds Goce Delčev and Krste Misirkov	08.06.1988	352	0,89	0,052	4,355	0,948	0,135
	14.12.1988	846	1,87	0,07	9,135	0,605	0,225
Бул. ЈНА и Иво Лола Рибар Blvds JNA and Ivo Lola Ribar	08.06.1988	312	0,337	0,077	4,47	1,0	0,121
	07.12.1988	158	0,663	0,035	1,375	0,257	0,4
Бул. Едвард Карделј и ул. Меѓународни бригади Blvd Edvard Kardelj and Međunarodni brigadi St.	13.07.1988	142	0	0	5,99	0,432	0,275
	13.12.1988	411	1,04	0,055	8,103	1,917	0,037
Бул. Србија и Преомајска Blvd Srbija and Prvomajska St.	14.07.1988	166	0	0	2,647	0,59	0,168
	15.12.1988	221	0,44	0,027	3,6	0,367	0,035

表３－９　　Skopje 市内の土壌中の重金属含有量

Lead, zink and copper content in mg/kg (average values) in the soil (0 - 10 cm) in Skopje

Содржина на тешки метали Heavy metals content Локација Location	Олово Lead			Цинк Zink			Бакар Copper		
	Под црн бор Under Pinus nigra	Под ела Under Abies	Под липа Under Tilia platyphyllos	Под црн бор Under Pinus nigra	Под ела Under Abies	Под липа Under Tilia platyphyllos	Под црн бор Under Pinus nigra	Под ела Under Abies	Под липа Under Tilia platyphyllos
Средно Водно Srednо Vodno	59,3	68,6	72,2	175,0	144,5	196,5	31,1	29,8	22,6
Долно Водно Donno Vodno	79,3	61,5	90,6	203,1	139,2	241,2	42,0	34,4	27,1
Градски парк City park	65,4	60,6	45,1	190,2	177,4	142,9	26,4	13,1	16,6
Парк "Жена борец" Park "Žena borec"	59,4	91,6	110,1	196,2	244,3	158,8	31,6	32,3	41,4
Автокоманда Avtokomanda	63,8	81,6	81,5	298,0	261,1	243,6	43,0	33,9	28,9
Крушево Kruševo	6 - 8			22 - 33			6 - 15		
Однос макс. во Скопје : мин. во Крушево Ratio max in Skopje : min in Kruševo	18,4			13,1			7,2		
МДК Max allowed concentration	100			300			100		

表３－１０　　Skopje 市内の植物の葉に含まれる重金属量

Lead, zink and copper content in the leaves of different plants in Skopje (mg/kg)

Содржина на тешки метали Heavy metals content Локација Location	Олово Lead			Цинк Zink			Бакар Copper		
	Во иглите на борот In the leaves of Pinus nigra	Во иглите на елата In the fir's leaves	Во листата на липата In the leaves of Tilia platyphyllos	Во иглите на борот In the leaves of Pinus nigra	Во иглите на елата In the fir's leaves	Во листата на липата In the leaves of Tilia platyphyllos	Во иглите на борот In the leaves of Pinus nigra	Во иглите на елата In the fir's leaves	Во листата на липата In the leaves of Tilia platyphyllos
Средно Водно Sredno Vodno	31,4	32,4	37,6	45,8	78,0	42,2	10,4	7,4	1,4
Долно Водно Dolno Vodno	35,6	47,6	64,1	56,3	98,9	43,7	9,2	10,6	26,0
Градски парк City park	32,6	34,4	26,8	54,8	116,7	46,6	10,6	11,0	27,2
Парк "Жена борец" Park "Zena borec"	47,7	43,7	70,8	49,8	122,0	52,6	11,0	11,6	31,4
Автокоманда Avtokomanda	63,9	63,7	70,6	64,6	127,3	62,1	17,5	14,7	30,0

また、自動車道付近では鉛・亜鉛・カドミウムの量が増加している。

表３－１１　　高速道路周辺土壌中の重金属含有量

Lead and zink content in the soils near the highway (mg/kg)

Локација Location	Растојание од автопатот (m) Distance from the highway (m)	Длабочина во cm Depth in cm	Олово – Lead			Цинк – Zink		
			Вкупно Total		Мобилен Mobile	Вкупно Total		Мобилен Mobile
			1982	1983	1982–1984	1982	1983	1982–1984
Маџари – раскрсница Madžari – cross-road	5	0 – 20	52	53	7,0	95	104	0,39
		20 – 40	29	28	3,7	91	107	0,51
	15	0 – 20	52	50	4,7	95	89	0,43
		20 – 40	28	26	2,7	93	91	0,53
	30	0 – 20	49	50	3,3	87	87	0,60
		20 – 40	23	25	1,7	90	93	0,56
Петровец Petrovec	5	0 – 20	39	33	4,0	72	76	1,54
		20 – 40	21	20	2,3	70	68	0,73
	15	0 – 20	31	33	2,3	60	63	1,18
		20 – 40	20	21	1,0	54	63	0,48
	30	0 – 20	28	29	2,3	74	52	0,92
		20 – 40	21	21	2,0	62	59	0,56
Велешко Езеро – насад од крушки Veleško Ezero – pears plantation	5	0 – 20	26	27	4,7	66	59	0,90
		20 – 40	19	19	3,3	60	59	0,80
	15	0 – 20	32	31	8,7	66	69	0,87
		20 – 40	20	19	5,0	60	57	0,76
	30	0 – 20	30	30	4,0	52	57	0,70
		20 – 40	19	20	2,7	57	57	0,79
Фабрика за минерални ѓубриња Fertilizer factory	5	0 – 20	61	62	7,7	60	66	0,52
		20 – 40	29	28	6,0	52	60	0,38
	15	0 – 20	61	62	4,0	60	60	0,64
		20 – 40	28	29	3,3	45	49	0,45
	30	0 – 20	60	60	4,3	58	60	0,73
		20 – 40	28	28	2,3	56	55	0,73

表３－１２　　高速道路周辺の乾燥野菜中に含まれる重金属量

Lead and cadmium content in the dry vegetables (mg/kg)
near the highway

Зеленчук Vegetable	Олово растојание од автопатот Pb distance from the highway				Кадмиум растојание од автопатот Cadmium distance from the highway			
	10 m	50 m	100 m	с. Мрсјанци v. Mrsjanci	10 m	50 m	100 m	с. Мрсјанци v. Mrsjanci
Пиперка – плод Red pepper – fruit (mg/kg)	3,076	1,752	0,945	0,154	0,432	0,147	0,008	0,000
Релативни вредности Relative values	100	56	31	5	100	34	2	0
Пиперка – лист Red pepper – leaf (mg/kg)	2,793	1,920	0,905	0,216	0,955	0,242	0,017	0,002
Релативни вредности Relative values	100	62	32	6	100	25	2	0
Зелка Cabbage (mg/kg)	2,651	1,391	0,655	0,175	0,669	0,185	0,011	0,000
Релативни вредности Relative values	100	52	25	7	100	28	2	0

火力発電所も大気および土壌汚染源である（Oslomej、Bitola）。ここでの調査によれば、SO2 排出量は許容値の４～5 倍を示している。粉塵の場合は許容値をぎりぎり超えている。

表３－１３　　Bitola 火力発電所周辺大気の性質

Table 13. SO_2, smoke and dust content in the air around the Coal-fired Thermal Power Plant Bitola

Локации - села Locations - villages	SO_2 $\mu g/m^3$	Чад Smoke $\mu g/m^3$	Прав Dust $\mu g/m^3$
Билјаник Biljanik	6,4 - 13,1	1,0 - 2,4	99 - 165
Гневтино Gnevtino	4,2 - 8,0	1,0 - 3,2	70 - 170
Дедебалци Dedebalci	1,4 - 5,2	0,5 - 4,6	68 - 176
МДК Max. allowed concentration	150	50	300

また、廃棄物盛土から飛散する灰に起因する土壌汚染が盛土周辺地域で懸念されているが、汚染実態は不明である。

大気とこれを介した土壌・植物の汚染は、冶金工場およびその他の産業施設が主な汚染源である。Veles の精錬所は鉛・亜鉛・カドミウム汚染の主汚染源である。Veles から数 km 離れた地域では、許容値の３～４倍の値を示す。

表３－１４　Veles および周辺地域における土壌中に含まれる重金属量

Heavy metals content in ppm in the soils in Veles and its surroundings

Број на проба Number of sample.	Локација Location	Pb	Zn	Cu	Cd	Co	Ni	Cr
V/2	Велес Veles	900	600	50	15	–	30	–
V/9		300	900	100	30	30	40	50
X/8	Св. Илија – Бабуна St. Ilija - Babuna	400	800	1 000	–	30	1.500	20
II/10	Башино Село Bašino Selo	300	200	150	–	50	1.500	1.000
I/19		300	700	80	–	–	–	–
IV/9		400	400	20	–	–	–	–
XVI/8	Згрополци Zgropolci	400	1 000	1.000	–	–	100	–
II/4	Растани Rastani	750	1.000	1 000	–	–	30	–
II/8	Миг Дол Mig Dol	400	1.000	1.000	–	60	–	–
III/7	Горна Брза Gorna Brza	350	1.500	1.000	–	–	40	–
IV/4	Горно Оризари Gorno Orizari	700	1.500	1.000	–	–	200	–
V/10	Бунар Дере Bunar Dere	1 000	600	50	30	–	15	10
XII/2	Оровец Orovec	5	–	50	30	60	2 000	1 000
XV/12	Кули Дере Kuli Dere	200	800	1 000	–	–	–	–
	МДК – Maximum allowed concentration	100	200	100	3	50	70	100

表３－１５　Veles 周辺の野菜に含まれる重金属量（1990）

Lead, cadmium and zink content in the vegetables near Veles in the year 1990

Локации Locations / Зеленчук Vegetables	mg/kg и релативни вредности mg/kg and relative values	Иванковци – контрола Ivankovci - control			Дренјевица Drenjevica			Ребани Rebani			Башино Село Bašino Selo		
		Pb	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn
Зелена салата Lettuce	mg/kg	0,9	0,11	5,9	15,1	2,8	51,0	14,1	2,3	36,6	11,4	1,7	33,9
	рел. вредности rel. values	1	1	1	17	25	9	16	21	6	13	15	6
Спанаџ Spinach	mg/kg	0,9	0,11	5,9	24,9	2,4	74,3	19,3	1,0	54,5	15,0	1,4	50,5
	рел. вредности rel. values	1	1	1	28	22	13	21	15	9	17	13	9
Кромид Onion	mg/kg	0,6	0,13	6,4	8,2	1,75	36,0	7,0	1,75	28,3	5,5	1,14	21,9
	рел. вредности rel. values	1	1	1	14	13	6	12	13	4	9	9	3
Пиперки Red pepper	mg/kg	0,0	0,04	18,1	4,2	0,42	26,4	4,6	0,36	25,1	3,9	0,41	34,6
	рел. вредности rel. values	1	1	1	5	11	1	5	10	1	4	10	2
Домат Tomato	mg/kg	0,7	–	5,6	3,3	0,31	13,5	1,7	0,12	7,5	1,9	0,16	7,9
	рел. вредности rel. values	1	1	1	5	–	2	2	–	1	3	–	
Кајсија Apricot	mg/kg	0,6	0,02	2,1	3,1	0,35	6,1	3,9	0,23	5,9	2,0	0,13	0,57
	рел. вредности rel. values	1	1	1	4	16	3	5	10	3	3	7	0,18
Грозје (100 m од Топилницата) Grapes (100 m away from the Smeltery)	mg/kg	0,3	0,02	2,3	1,2	0,15	9,2	1,5	0,12	10,2	1,0	0,15	9,4
	рел. вредности rel. values	1	1	1	4	8	4	5	6	5	3	5	4
Детелина – лето Clover - summer	mg/kg	3,2	0,2	11,8	–	–	–	78,3	2,7	108,1	75,0	2,9	90,0
	рел. вредности rel. values	1	1	1	–	–	–	24	13	9	23	15	8
Сено – есен Hay - autumn	mg/kg	3,2	0,2	11,8	–	–	–	67,0	1,4	67,0	–	–	–
	рел. вредности rel. values	1	1	1	–	–	–	21	7	7			

排気ガスおよび粉塵を排出する主要な工場は次のとおりである。

セメント工場（Skopje）、 OHIS 化学工業（Skopje）、 製油所（Skopje）、

繊維・紙工場（Kocani）、 肥料工場（Gradsko）

これらの施設は生産過程で大量のガス（SO2、NOx、H2S）、揮発性炭化水素、フッ化水素を排出する。ただし、調査資料はない。

特定の元素について地球化学図が作成されている。重金属の含有量に関する地球化学的研究の結果は、表３－１６および図３－１、図３－２に集約されている。これらの図は、いくつかの地域で顕著な重金属汚染があることを示している。これらの研究結果から、いくつかの hot spots（鉱山精錬施設等）周辺を除くと、農業土壌については今のところ重金属の許容量を越えていないことが指摘されている。

表３－１６　地域・サンプリング地点別土壌重金属含有量（単位：ppm）

Број на проба Number of the sample	Најблизок град The nearest town	Pb	Zn	Cu	Mo	As	Ni	Cr	Mn	Cd
8	Крива Паланка Kriva Palanka	967	140	52	3	20	66	50	1.677	5
466		1.728	147	2	5	5	14	20	1.219	8
2.091		450	100	367	5	5	41	70	677	4
3.135		220	75	49	3	5	33	50	627	3
495		671	340	74	2	22	34	-	2.512	3
2.098		564	184	22	-	10	9	5	356	2
3.157		213	187	14	2	10	10	15	484	2
30	Пробиштип Probištip	67	75	30	2	10	10	5	1.013	5
734		3.536	528	44	5	67	32	50	2.317	6
2.217		1.780	962	41	2	45	31	10	3.288	13
3.337		3.107	1.165	98	2	10	33	-	1.176	9
3.393	Делчево Delčevo	55	194	33	2	10	21	-	2.638	6
1.060	Берово Berovo	116	148	155	2	26	19	7	1.226	4
54		73	294	13	3	10	13	-	567	4
1.372		37	82	305	3	5	15	20	820	2
64	Струмица Strumica	957	77	27	3	5	26	50	353	3
2.722		112	54	548	3	5	34	50	450	3
1.857	Гевгелија Gevgelija	18	61	56	7	5	80	150	907	5
2.904		42	69	58	5	5	97	150	824	6
14	Тетово Tetovo	43	170	43	7	98	83	70	787	5
345		20	88	40	10	44	59	200	1.241	6
604		10	67	28	5	105	40	1.000	723	2
3.225		29	61	45	5	90	28	1.000	630	2
2.282	Гостивар Gostivar	15	94	55	30	87	41	70	974	4
883		10	124	43	7	100	87	150	1.361	8
844		85	162	51	1	53	138	30	3.027	4
2.159	Скопје Skopje	25	50	23	7	109	105	300	368	4
653		55	117	29	10	115	20	10	1.022	2
400	Куманово Kumanovo	15	91	41	10	85	58	150	991	2
416		5	136	55	5	56	84	300	56	2
2.063		140	531	52	7	48	126	200	744	2
3.072		20	79	64	15	78	92	100	1.173	2
3.085		10	91	33	3	57	138	300	689	2
28		18	121	57	20	49	76	100	1.236	4
678		67	101	64	5	90	83	150	544	4
946	Велес Veles	48	76	11	-	120	10	3	948	4
39		17	65	37	6	39	201	1.000	963	2
50		71	70	27	7	6	224	300	1.874	3
971		10	44	27	3	55	147	1.000	615	2
1.248		314	409	74	3	5	101	70	742	11
2.342		16	47	24	5	48	169	1.000	679	2
2.499		314	243	45	5	5	55	200	520	8
3.541		19	58	24	5	74	132	1.000	715	2
3.796		3.800	5.700	160	5	7	105	70	761	118
60	Прилеп Prilep	22	47	21	7	10	74	200	746	2
2.672		39	46	16	10	10	60	200	692	2
1.501		41	14	42	2	10	147	5	911	3
2.678		74	78	93	3	5	152	70	866	3
4.069		149	80	82	3	5	467	100	1.162	3
3.003	Битола Bitola	230	79	29	5	5	13	7	419	2
4.574		816	104	20	1	5	18	30	529	2
68	Демир Хисар Demir Hisar	82	157	73	5	10	143	30	5.375	6
69		114	321	55	10	10	147	200	2.239	10
1.403	Кичево Kičevo	70	125	52	15	10	114	200	1.961	3
45	Дебар Debar	27	117	63	-	10	452	70	1.287	2
56		40	103	68	5	10	254	70	935	3
3.932		49	103	26	15	10	84	300	880	2
67	Струга Struga	96	265	54	15	10	184	200	1.677	27
3.023	Охрид Ohrid	34	128	32	5	10	89	20	2.567	2

4）　　農薬汚染の現況

マ国では大量の農薬が使われているが、一方でその（殺虫剤や除草剤等）有害性についても多くの研究が行われている。今回は、そのデータは収集できていないが、その一例として、以前から使用が禁止されている有機塩素系殺虫剤の持続性に関する研究がある。この研究は、湖魚への蓄積量を調査したものである。

5）　　鉱山事故に伴う土壌汚染１（Zletovo 鉱山）

a. 事故発生年月日：第１回　1972 年尾鉱ダム破堤
　　第２回　1978 年小規模事故：収集システムの一部破壊

本調査前の情報では、尾鉱ダムの破堤は 1976 年とのことであったが、多くの人に確認した結果、上記のとおりであった。

b. 事故の原因

1972 年の尾鉱ダム破堤事故原因についてはいくつかの意見がある。列記すれば下記のとおりである。

① 地震による破堤。ただし、地震研究所にはこの地震記録はなく、震源一・規模等は不明である。

② 直接の地震力が原因というよりも、堆積している鉱滓が液状化し、この土圧が尾鉱ダムに作用して破壊。

③ 尾鉱ダム内へ無計画に鉱滓を高く積み上げた

c. 事故の規模

尾鉱ダム破堤により、約 15 万 m3 の鉱滓が下流の Kiselica 川沿いに流下した、といわれている。

事故の際には鉱滓は川沿いに広がったが、幅は狭かった。汚染が拡大したのは、広がった鉱滓を排土せずに川の水で灌漑したので、水路を通して汚染が広がったのではないか、との意見があった。

d. 事故への対応

事故当時、尾鉱ダムの管理責任主体は Zletovo 鉱山（当時国営）であったが、流下した鉱滓の排土等の対策はとられていない。土壌汚染に対する法的基準もないため、国も責任をとらず、大きな問題にもならなかった。農民たちもたいした汚染とは捕らえていなかったようで、２年ほど前に初めて土壌汚染の深刻さを農民が知ったとき、自発的に耕作を中止した。

e. Zletovo 鉱山の現況

1928 年にイギリスの会社が始めた鉱山である。1968 年～1995 年がこの鉱山の最盛期で、国営から私企業への流れの中で、2 年前に閉山した。今は国の売却対象になっている。

坑口水路からは濃い黄色の排水が流れ出ている。これは鉱山中の断層 No.7 および No.10 からの湧水であり、ポンプで揚水しているとのことであり、リトマス試験紙は赤く染まった。酸性水である（pH は 2～2.5 で雨が降ると湧水量は増加するとのこと）。この水はそのまま Kamenica 川に放流されている。同地点には中性の湧水も放流されているが、放流点より下流では水の色やや薄くはなるものの黄色のままである。下流では、川沿いの地域で手押しポンプによる井戸水利用が見られた。

この川は Koritnica 川に合流し Probistip の上水道水源井戸のすぐ横を流下しているが、河川水の色はその地点でも黄色いままである。汚染が懸念されている。

6）　鉱山事故に伴う土壌汚染２（Sasa 鉱山）

a. 事故発生年月日：2003 年 8 月 30 日

b. 事故の原因

Sasa 鉱山は民営化の流れの中で売却対象になっており、事故当時は休業状態にあった。（今は少数の人が残り、警備等をしているだけである。）年２回程度行われる点検作業で、排水トンネルに異常があることは確認されていたが、特段の対応はなされなかった。事故当時は、0.6m2 の開口部があったと推察されている。

c. 事故の規模

第３尾鉱ダム下に敷設された排水トンネルの一部が破壊し、数百 m3 の鉱滓が Kamenicka 川および Klimanci 貯水池に流れ込んだ。

いろいろな推計があるが、UNDP による推定鉱滓分布量は以下のとおりである。

河川敷：	153,860 m3
川　底：	4,800 m3
貯水池：	27,000 m3
全　体：	185,660 m3

鉱滓排出後の第３尾鉱ダムには現在でも、直径約 150m の逆三角錐状の穴が開いたままの状態である。

d. 汚染物質除去

事故後の汚染物質除去作業は、委員会を組織し MEPP の主導で行われた。川沿いに広がった鉱滓および汚染土壌の除去は、主に機械掘削により実施されたが、安全面を考慮して場合により人力による除去が適用されたところもある。

e. 汚染修復後のモニタリング

2004 年 7 月から 1 年間の予定でモニタリングを行う。モニタリング内容は下記のとおりである。

土壌 20 点：1 回／月

水　19 点：1 回／2 ヶ月（Sasa 鉱山～貯水池～Bregalnica 川間）

その他（食物、動物組織、血液等）

モニタリングおよび分析の実施は、Hydro-Meteorological Institute 、Republic Institute for Health Protection 、Center Laboratory of MEPP である。

7）　Zletovica 地域の土壌汚染の現状

本格調査におけるパイロット・スタディの候補地 Zletovica 地域の汚染については、JBIC をはじめとしていくつかの調査がなされている。

Zletovo 鉱山の 1972 年尾鉱ダム破堤より約 30 年経過しているが、ダム建設・灌漑事業計画が契機となり、全国の河川 16 地点で 1998 年 8 月から 1999 年 5 月まで 5 回、金属類の水質分析が実施された。その結果、Zletovica 川の 2 地点のうち鉱山廃水が混入する支川流入後の下流側のほうが概ね金属類濃度が高く、特に砒素とマンガンが顕著であることが判っていた。

その後、2002 年 8 月に対象地の河川周辺土壌について汚染調査が実施され汚染範囲は 500～700ha と推定されている。

以下では、これまでの調査結果を見直した結果明らかになった Zletovica 地域の汚染の現状について記す。

① 表流水水質

Zletovska 川は 1987 年以降の支川（Koritnica 川、Kiselica 川等）を含む水質調査（Center for implementation of radioisotopes in science and economy 'Skopje'）によって、鉱山廃水やそれが流入する Koritnica 川、鉱滓ダムやバッテリー工場廃水が流入する Kiselica 川には重金属を含む硫酸酸性水が認められ、この 2 河川流入後の Zletovska 川にその影響（重金属や硫酸イオンの上昇）が見

られる。

また、1998 年 8 月～1999 年 5 月までのマケドニア東部の表流水の水質調査（ICP-AS による陽イオン 16 項目、全 16 地点、7 回）によれば、Zletovska 川の Ularci 地点（Bregalnica 川合流前）は、上流の Zletovo（Koritnica 川流入前）地点に比べ、鉛を除く重金属類、およびアルカリ・アルカリ土類元素の濃度が高くなっている。特に、砒素、マンガン、亜鉛、カドミウムは下流側の平均値が上流側に比べて 7～144 倍高濃度となっている（図３－３～４参照）。一方、アルカリ・アルカリ土類元素は下流側の平均値が上流側に比べて 1.6～4.2 倍高濃度であり、pH も上流側の 7.88 に対して 8.16 と上昇しており、アルカリ（中和）剤の使用がうかがわれる。

2002 年 4 月～10 月までの Zletovska 川流域 12 地点の水質調査の結果によると、本川 5 地点（地点 11, 10, 9, 6, 5）における、鉄、ニッケル、コバルトを除く重金属類の濃度は、最下流に位置する採水地点 5 において最高値を示している。本調査結果から、上記既往調査で判明している鉱山廃水やそれが流入する Koritnica 川、および鉱滓ダムやバッテリー工場廃水が流入する Kiselica 川の流入の影響が検証された（図３－５～１２参照）。ここで、溶存物質量に比例する電気伝導度（EC）の収支から、最下流部の地点 5 の流量に対する Koritnica 川と Kiselica 川の流入割合は、それぞれ約 9%と推定された。

② 土壌汚染

Environmental Impact Assessment に示された Zletovska 川流域 8 地点の土壌分析結果によれば、重金属である鉛、亜鉛、カドミウムは、地殻（クラーク数）や土壌平均（Hawkes & Webb）に比べ格段に高い含有量が認められている。特に、Koritnica、Kiselica、および Stmosh での重金属含有量が高く、鉛は 500mg/kg、カドミウムは 200～300mg/kg を示しており、これらの含有量は、それぞれ土壌平均（Hawkess & Webb）の約 50 倍、および約 500 倍にあたる（図３－１３参照）。

表３－１７　Environmental Impact Assessment による土壌分析結果

Midyear values of the contents of Pb, Zn, Cu, Cd and Fe in the soil surface layers along the course of Zletovska Reka with its tributaries (mg/kg dry soil)

Measuring Place	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe
Zletovo	46,60	219,00	15,25	5,23	6,00
Koritnica	513,33	2548,00	297,41	14,91	82,58
Kiselica	491,66	2288,00	186,75	13,84	44,00
Strmosh	482,41	2411,00	259,00	16,20	104,89
Globica	114,66	274,00	34,33	5,19	10,60
Buchishte	200,25	480,00	54,50	5,43	13,00
Ziganci	270,66	1121,00	58,00	6,19	19,50
Ulanci	170,25	733,00	51,16	7,40	21,60

また、鉛とカドミウムについて、上記の土壌が分布する地域の植物（Willow、Tomato、Pepper）中の含有量と土壌中の含有量との間には、図３－１４に示すように強い比例関係が認められる。

Zletovica 川右岸から流入する支川である Korinica 川、Kleselica 川流域の土壌と植物中のに、高濃度の鉛とカドミウム等が認められたことから、Zletovisca 水公社では、ダム建設後の灌漑計画検討のため、Zletovica 川、Kiselica 川、および最下流右支川の代表地点（Profile1～3）を設定して、河床、および両岸（河床から 5～7m 高）の土壌調査を 2002 年 8 月に実施した（図３－５、および図３－１５～１８を参照）。

その結果、Profile1（Kiselica 川）の流芯から右岸側に鉛、砒素などの重金属が高含有量、酸性（pH4 以下）で高電気伝度の硫化鉱物を含む鉱滓が原因であることをうかがわせる酸性土壌が、測点によっては 80cm 以上の深さに分布することが認められた。

Profile2（Zletovica 川）では、右岸の高水敷（2、3 測点）の深さ 80cm 迄と、左岸高水敷（6、7 測点）の深さ 60～80cm に、鉛や砒素などが高含有量で酸性・高電気伝導度を示す土壌の分布が認められた。しかし、流芯の河床土壌は溶脱したためか、汚染は前者に比べ少なかった。

Profile3 は、Profile1 と Profile2 に比べ重金属含有量は少なく、pH はほぼ中性であった。

<参考資料>

1. Preliminary Report from The Project Determination of Water

Quality of The Flowing Waters in East MACEDONIA with Used of ICP-AS Method June 1999
2. Project : Environmental Impact Assesment Study for HS "Zletovica" February 2002
3. マケドニア[ｽﾞﾚﾄｳﾞｨｯﾂｱ水利用改善事業]に係わる鉱山廃水問題調査　報告書
2002・3・19　三井金属エンジニアリング㈱
4. REPORT SOIL CONTAMINATIONS SURVEY OF THREE PROFILES AT ZLETOVSKA REKA IN REPUBLIC OF MACEDONIA Skopje, August 2002
5. JIBC SPECIAL ASSISTANCE FOR PROJECT FORMATION(SAPROF) PHASE Ⅱ FOR ZLETOVICA MULTIPURPOSE PROJECT IN THE GOVERNMENT OF REPUBLIC OF MACEDONIA FINAL REPORT JUNUARY 2003
6. マケドニア国要請背景調査に係る帰国報告会-マケドニア国要請背景調査結果報告書-2003・11・28 JICA

8）　本格調査に向けての技術的提案（特にパイロット・スタディ地域への適用）

a. 汚染地簡易判別方法の提案

重金属汚染の一因として、硫化鉱物の酸化溶出が考えられることから、硫酸イオン、および酸度・アルカリ度の分析と汚濁負荷量分布の把握が、対策検討のために重要である。

鉱滓中の硫化化合物の空気酸化によって、重金属が溶出する硫酸酸性土壌が生成するとの想定から、3Profile×7 測点×4 深度=84 の土壌試料の pH と電気伝導度（対数）の関係を検討した。

その結果、図３－１９に示すように、勾配が負となる強い相関が認められ、pH と電気伝導度の測定は、鉱滓による土壌汚染範囲の把握や修復効果の判定に有効な測定であるとの示唆が得られた。

b. 汚染地修復の考え方の提案

① 汚染の実態把握及び機構(原因)解明のための土壌・水質・生物等のモニタリングにより適切な修復方法が検討されること、且つ、修復効果判定と連動する事前モニタリングが重要である。

② 汚染の 3 次元的分布、土地活用性、水需要状況などを勘案した汚染修復の検討において、土木工学浚渫・掘削・不溶化等)、水質浄化の技術分野の参画も必要である。

③ 水事情の好転により、産業の活性化･人口の増大等に伴い、社会資本整備が必要となると予想される。石灰石の豊富な特長を活かす事と汚染土壌の処理を兼ねたセメント工場の建設も一案と考える。

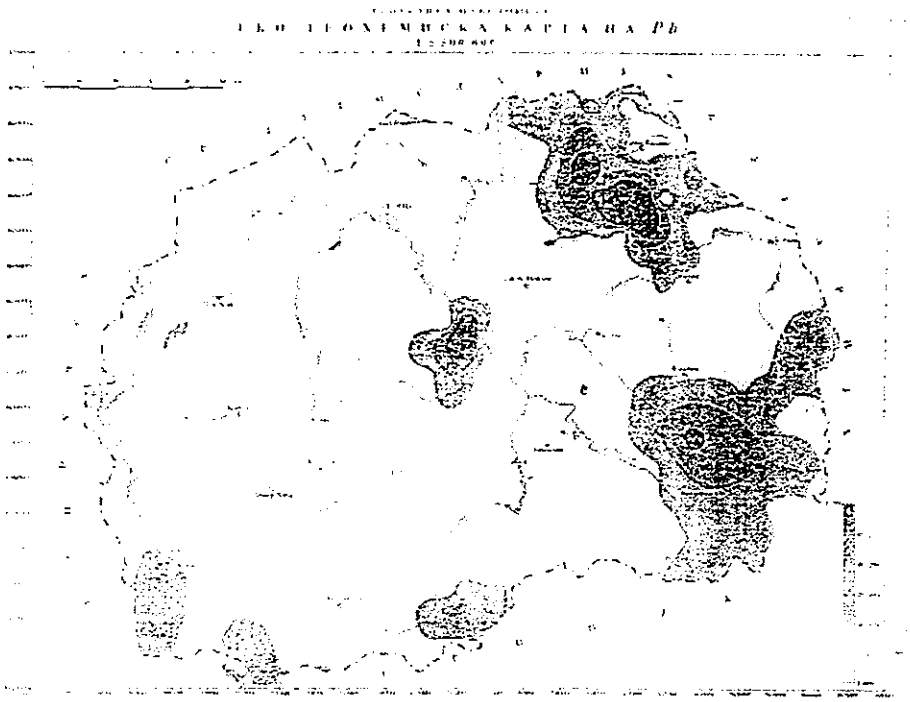


図３－１　　環境地球化学図（Pb）

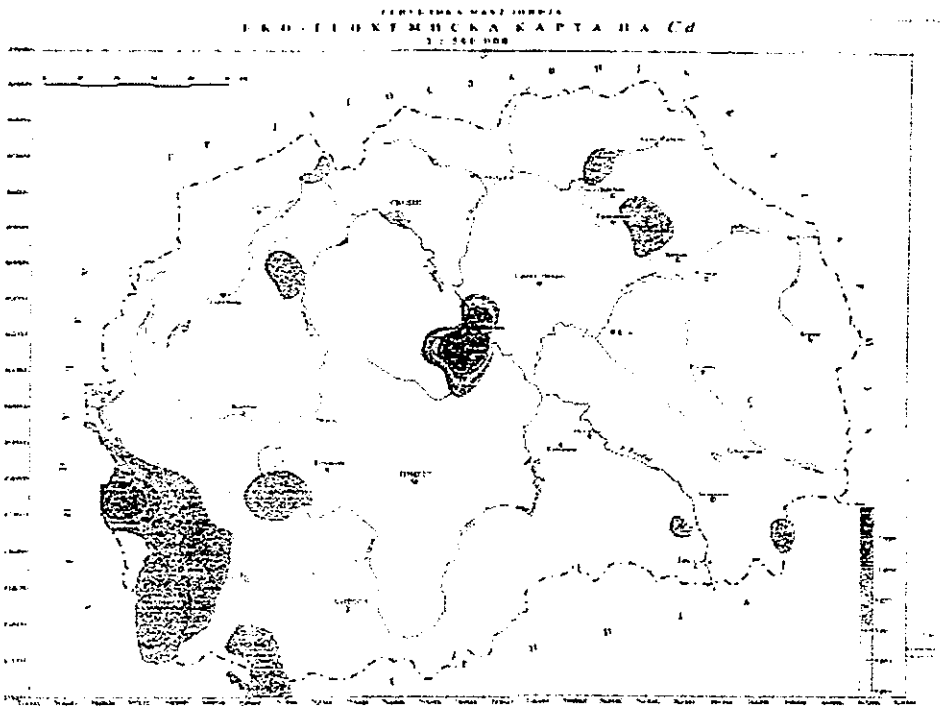
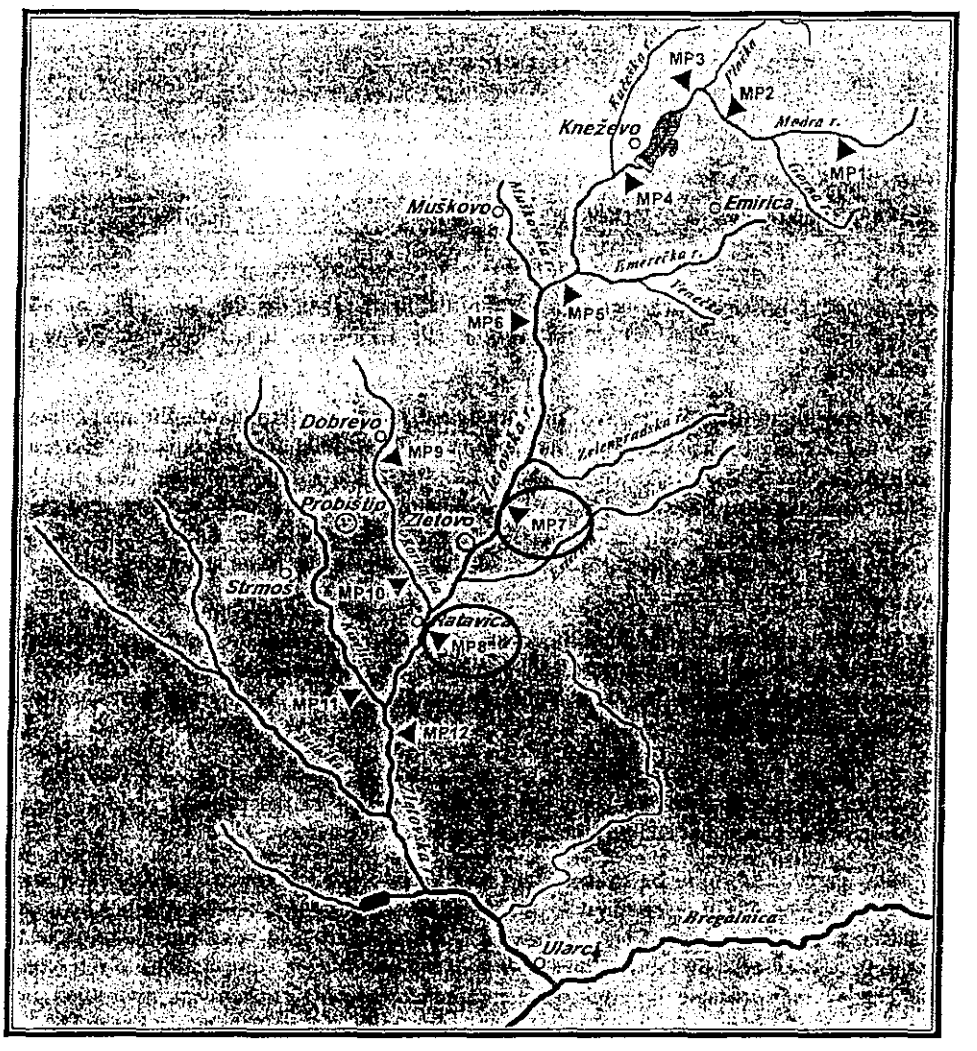


図３－２　　環境地球化学図（Cd）



Measuring Point (MP)	Sampling Source	Location
MP_1	Modra Reka	Beyond the inflow
MP_2	Zletovska Reka	Beyond the inflow of Plochka Reka
MP_3	Zletovska Reka	2 km downstream from the inflow of Plochka Reka
$MP_{3'}$	Zletovska Reka	Before the inflow of Kucheshka Reka
MP_4	Zletovska Reka	2 km downstream from inflow of Kucheshka Reka
$MP_{4'}$	Zletovska Reka	Upstream of Emirichka Reka inflow
MP_5	Zletovska Reka	2 km downstream from the inflow of Emirichka Reka
MP_6	Zletovska Reka	2 km downstream from the inflow of of Mushkovska Reka
MP_7	Zletovska Reka	Hydropower Plant "Zletovo III"
MP_8	Pump station "Ratavica"	Pump station "Ratavica"
MP_9	River Koritnica	Near the Zletovo Mine in vilagge Dobrevo
MP_{10}	River Koritnica	Before the inflow into Zletovska Reka
MP_{11}	River Kiselica	Before the inflow into Zletovska Reka
MP_{12}	Zletovska Reka	After the inflow of River Kiselica

図３－３　採水地点位置図

（1998 年 8 月～1999 年 5 月までのマケドニア東部の表流水の水質調査）

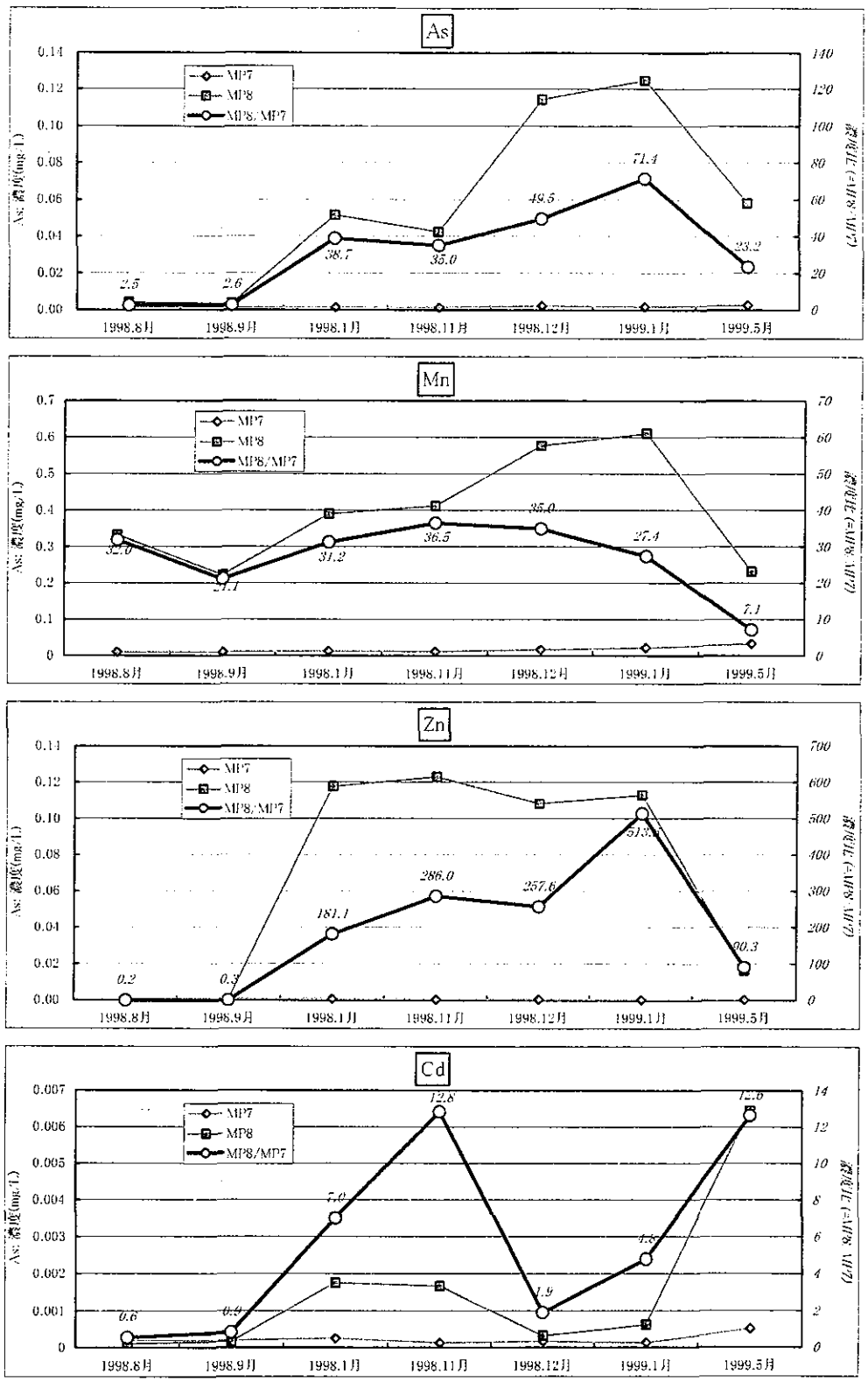
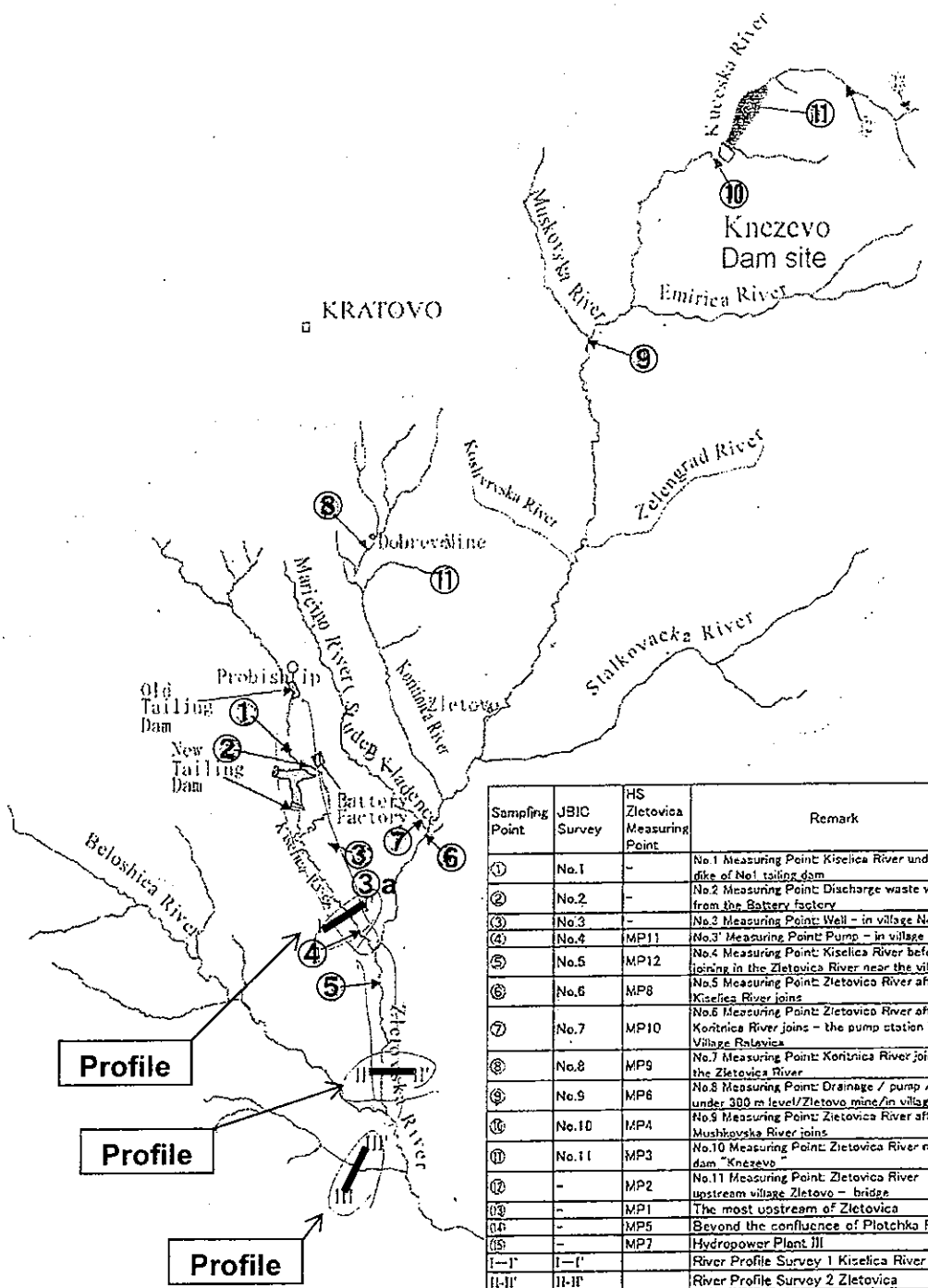
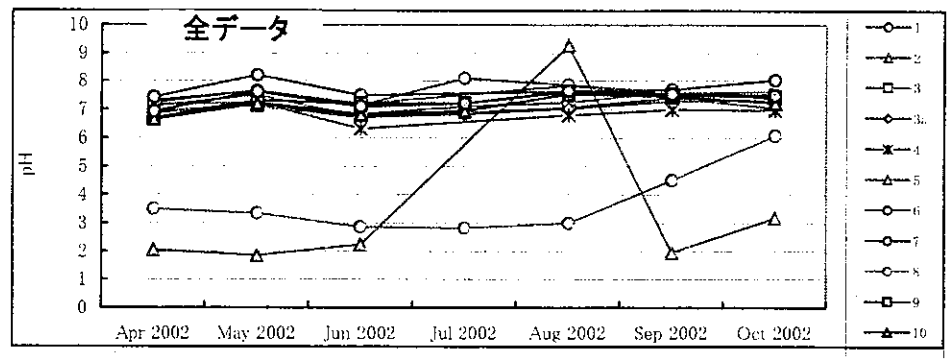


図３－４　重金属濃度経時変化図



Sampling Point	JBIC Survey	HS Zletovica Measuring Point	Remark
①	No.1	-	No.1 Measuring Point: Kiselica River under the dike of No1 tailing dam
②	No.2	-	No.2 Measuring Point: Discharge waste water from the Battery factory
③	No.3	-	No.3 Measuring Point: Well – in village Neokazi
④	No.4	MP11	No.3' Measuring Point: Pump – in village Neokazi
⑤	No.5	MP12	No.4 Measuring Point: Kiselica River before joining in the Zletovica River near the village of
⑥	No.6	MP8	No.5 Measuring Point: Zletovica River after Kiselica River joins
⑦	No.7	MP10	No.6 Measuring Point: Zletovica River after Koritnica River joins – the pump station in the Village Ratavica
⑧	No.8	MP9	No.7 Measuring Point: Koritnica River joining in the Zletovica River
⑨	No.9	MP6	No.8 Measuring Point: Drainage / pump / pit 2– under 300 m level/Zletovo mine/in village
⑩	No.10	MP4	No.9 Measuring Point: Zletovica River after Mushkovska River joins
⑪	No.11	MP3	No.10 Measuring Point: Zletovica River near the dam "Knezevo "
⑫	-	MP2	No.11 Measuring Point: Zletovica River upstream village Zletovo – bridge
⑬	-	MP1	The most upstream of Zletovica
⑭	-	MP5	Beyond the confluence of Plotchka River
⑮	-	MP7	Hydropower Plant III
I–I'	I–I'		River Profile Survey 1 Kiselica River
II-II'	II-II'		River Profile Survey 2 Zletovica
III-III'	III-III'		River Profile Survey 3 Bistrica

図３－５　採水地点および土壌サンプル採取位置図
(2002 年 4 月～10 月までの Zletovska 川流域の水質調査)



流系別のデータ状況

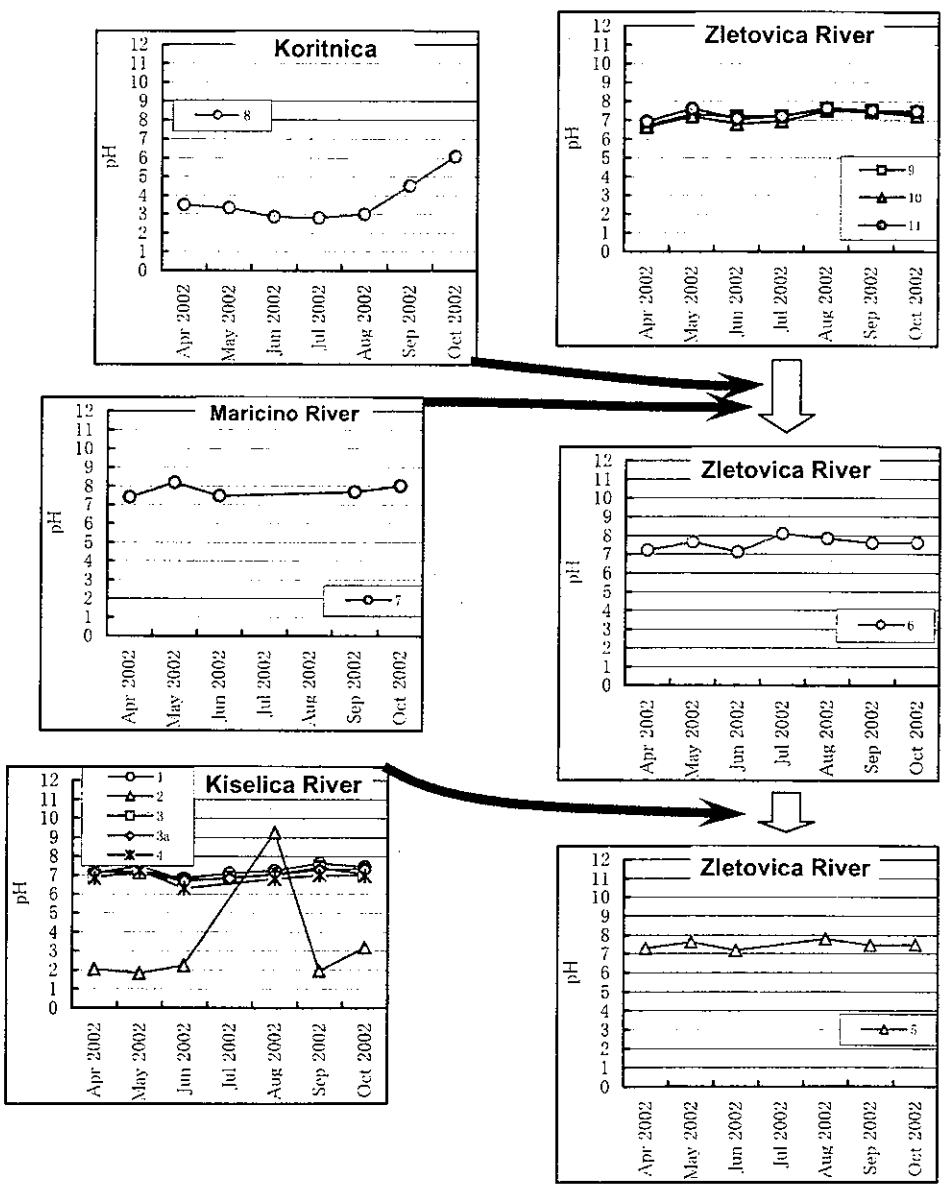


図３－６　水質分析結果図：pH

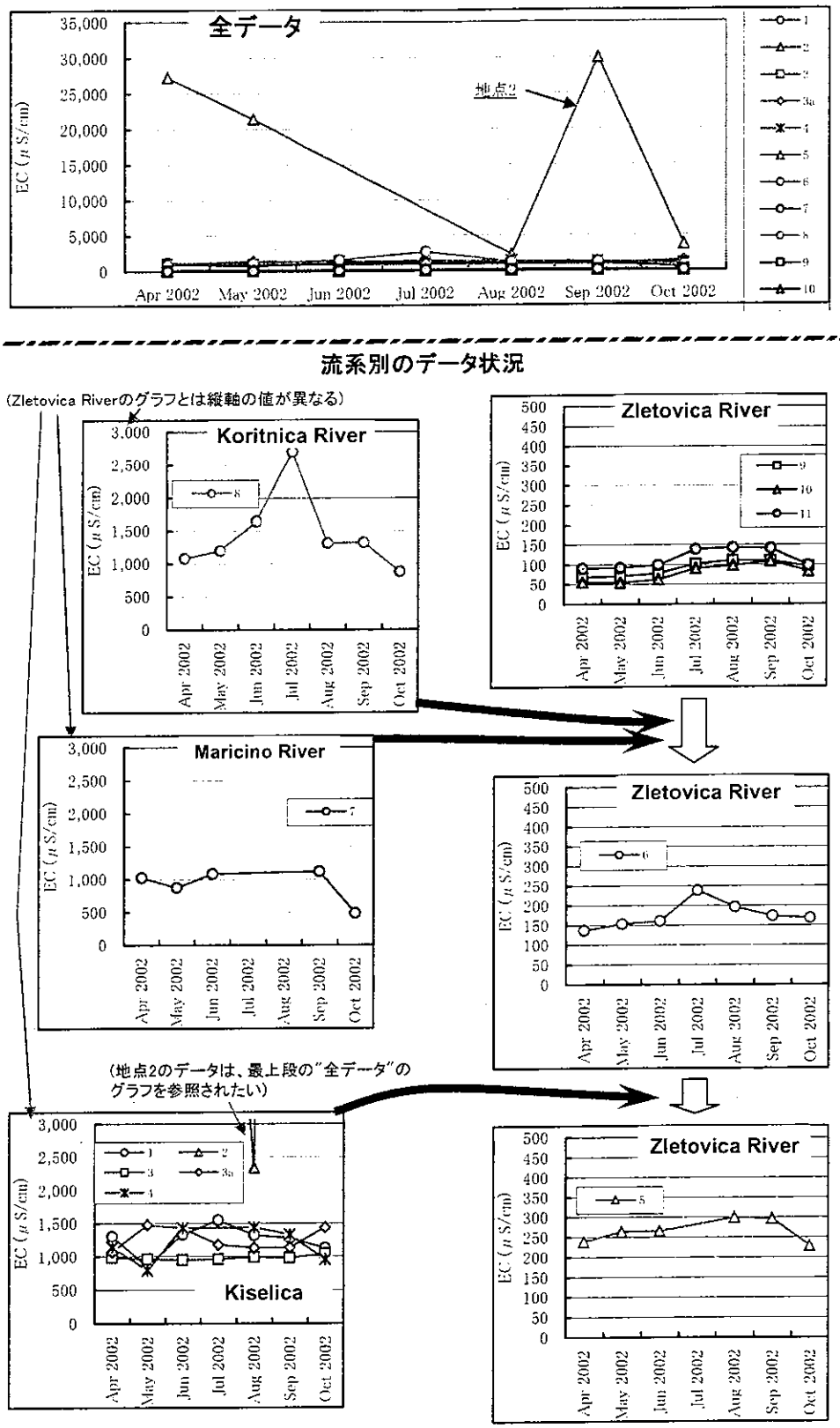


図３－７　水質分析結果図：EC

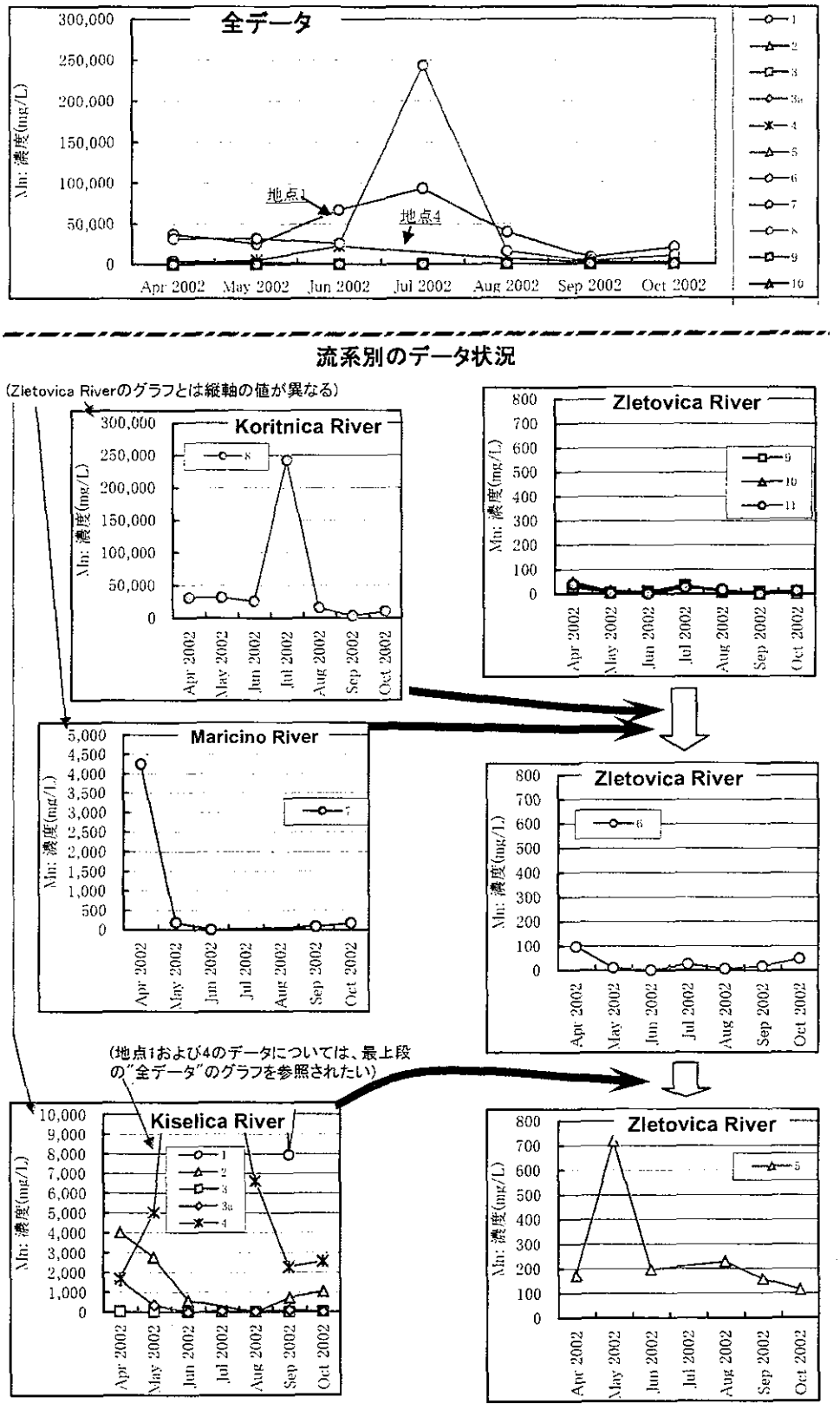


図３－８　水質分析結果図：Mn

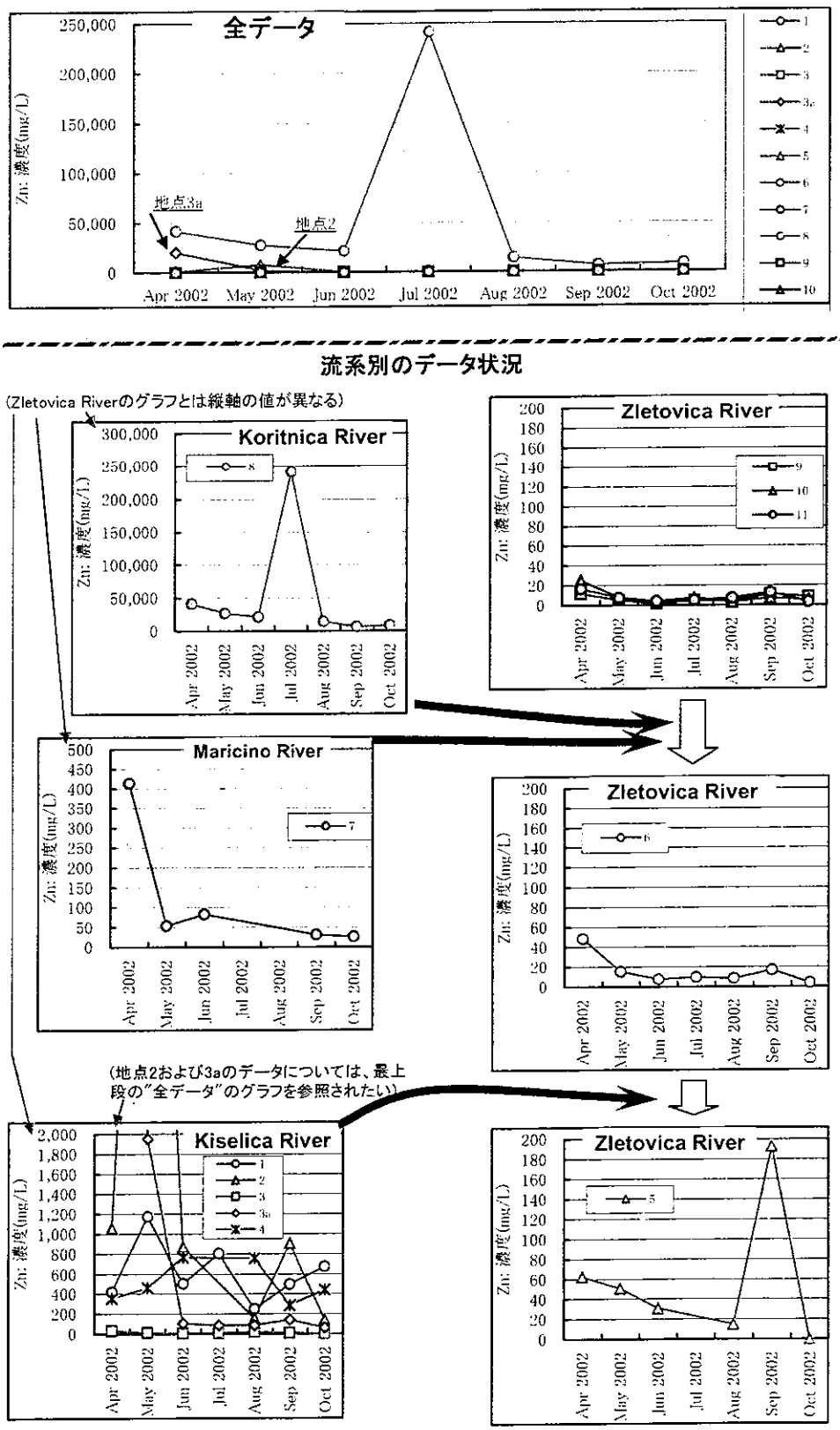


図３－９　水質分析結果図：Zn

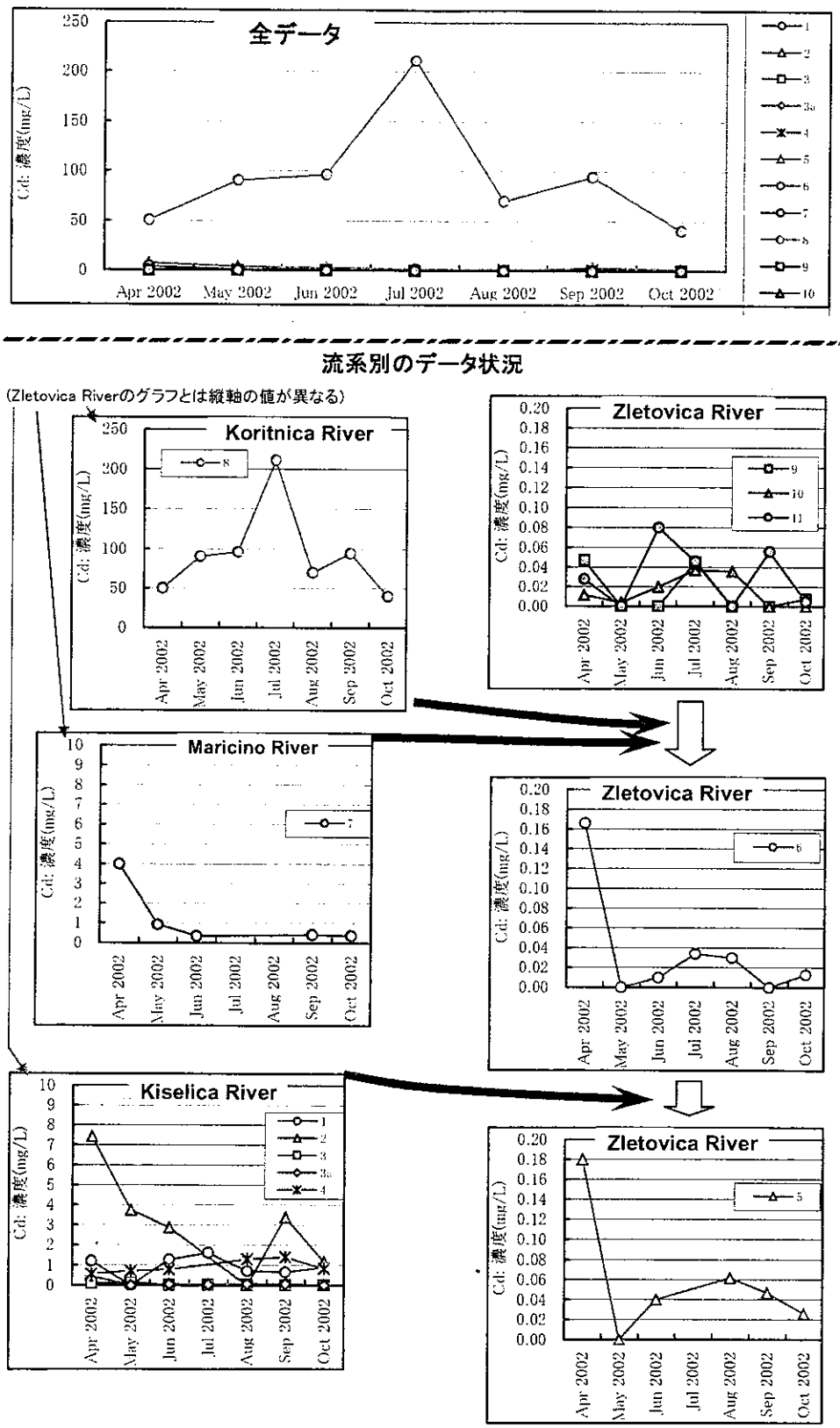


図３－１０　水質分析結果図：Cd

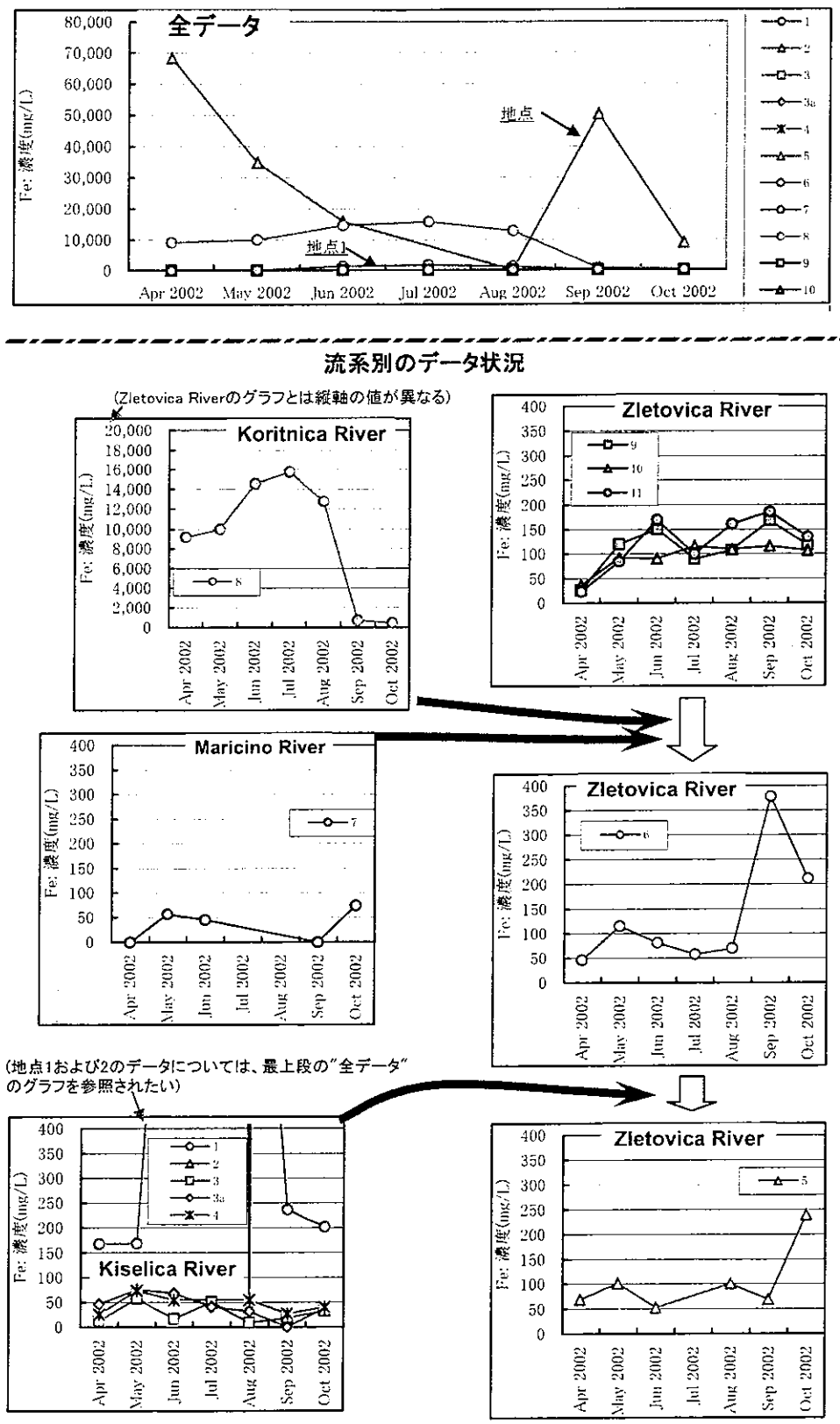


図３－１１　水質分析結果図：Fe

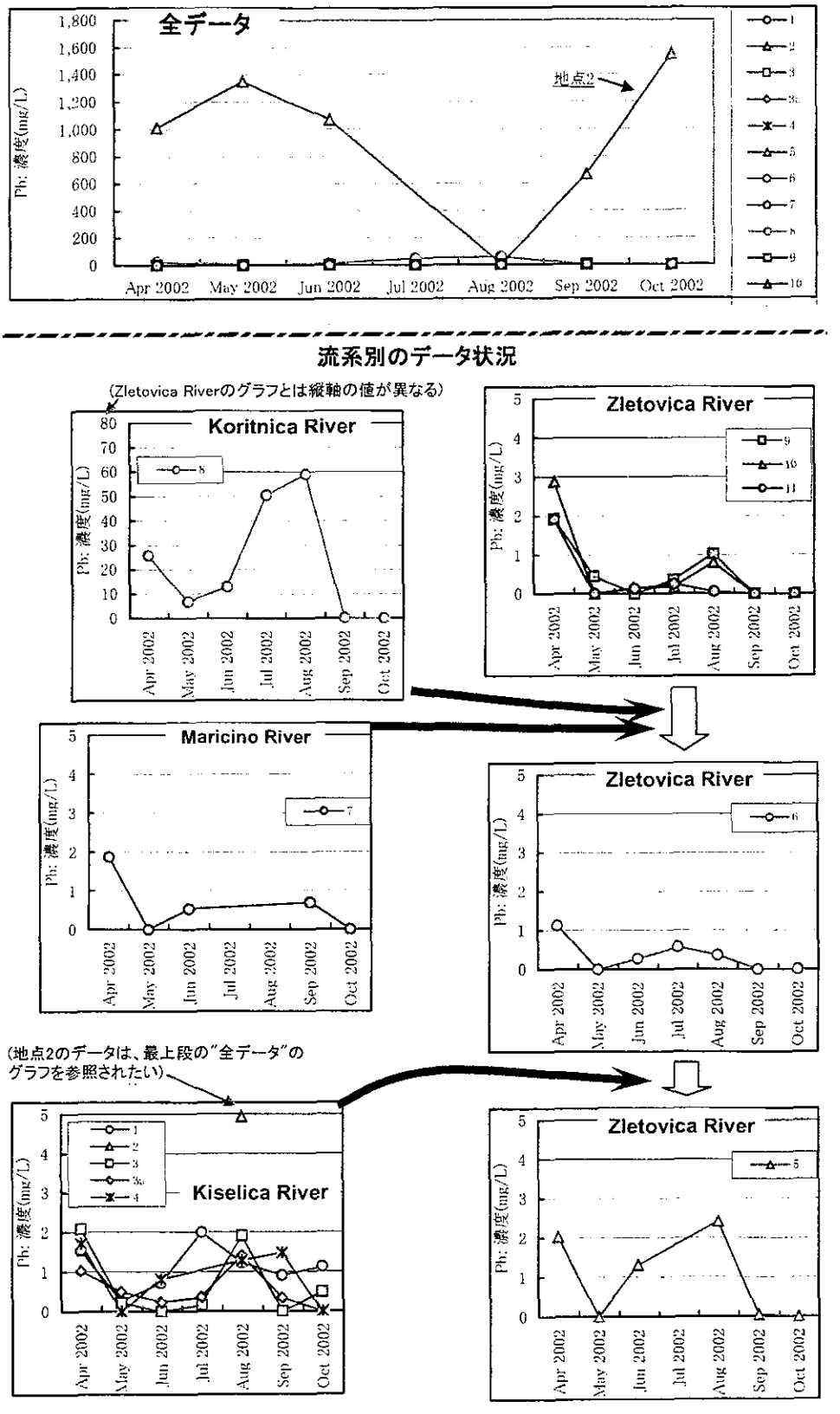
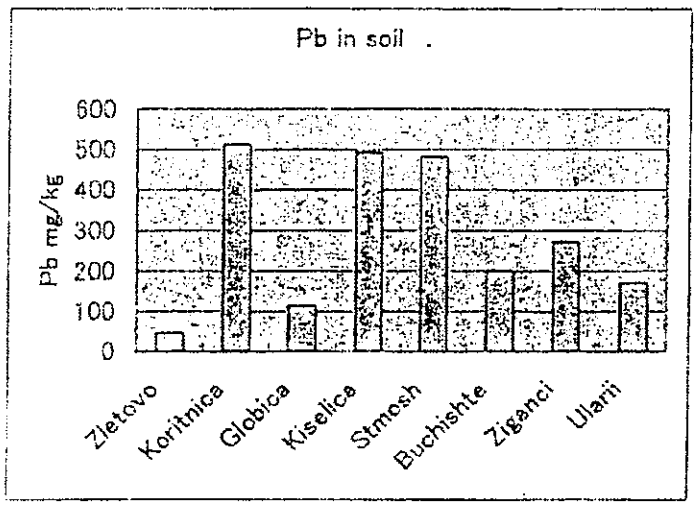


図３－１２　水質分析結果図：Pb

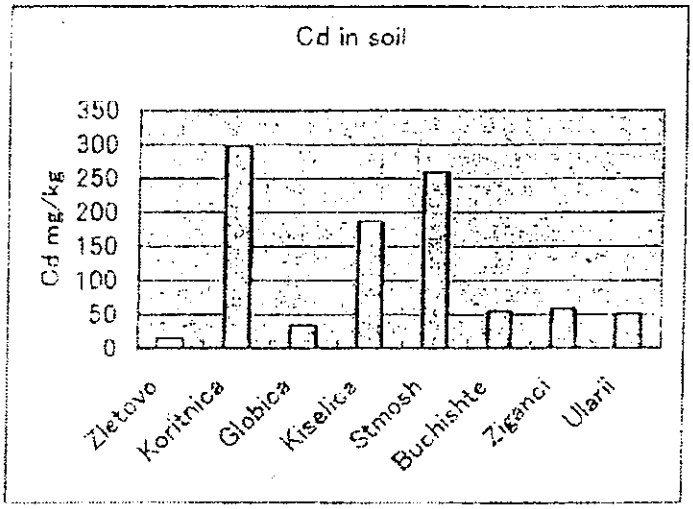
土壌中の鉛(Pb)



	地殻分布（クラーク数）	土壌平均(by Hawkes & Webb)
鉛	12.5 ppm	10 ppm

（クラーク数；地球全体を平均した濃度）

土壌中のカドミウム(Cd)

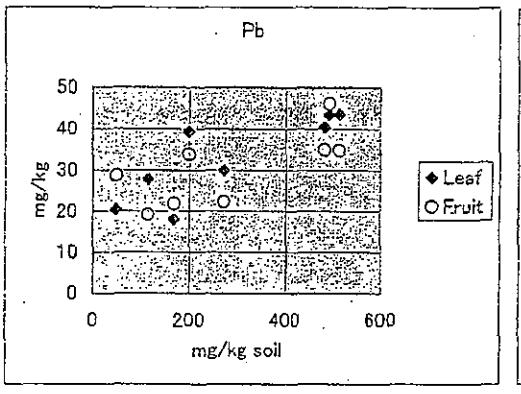


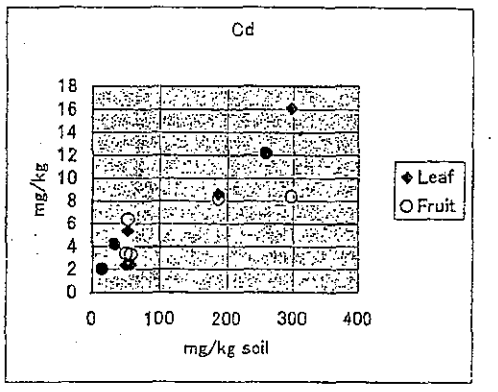
	地殻分布（クラーク数）	土壌平均(by Hawkes & Webb)
カドミウム	0.2 ppm	0.5 ppm

図３－１３　土壌分析結果図

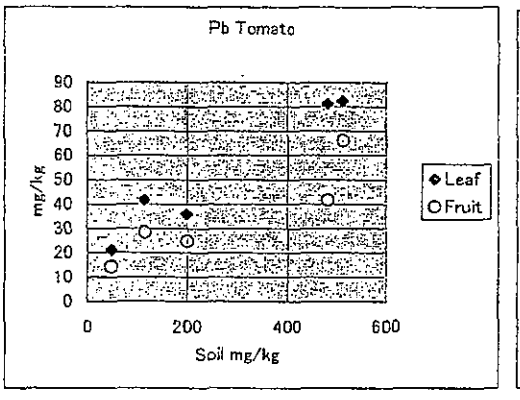
(Environmental Impact Assessment)

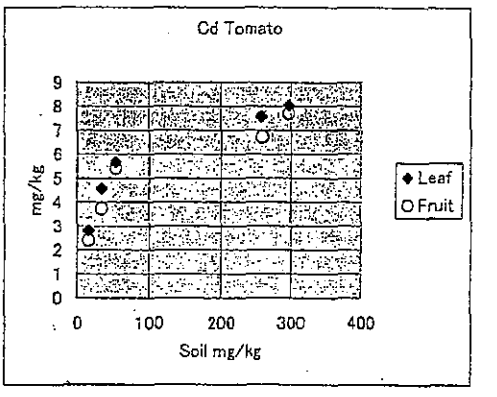
Willow の場合　(Cd は土壌と植物との間に直線関係がある。)



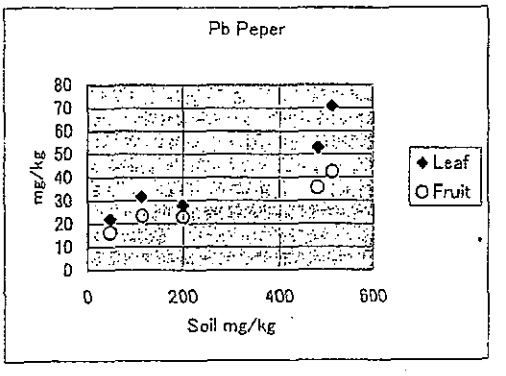


トマトの場合　(Cd の相関関係は直線ではなくなるが、強い関係がある。)





Pepper の場合　(Cd の相関関係は直線ではなくなるが、強い関係がある。)



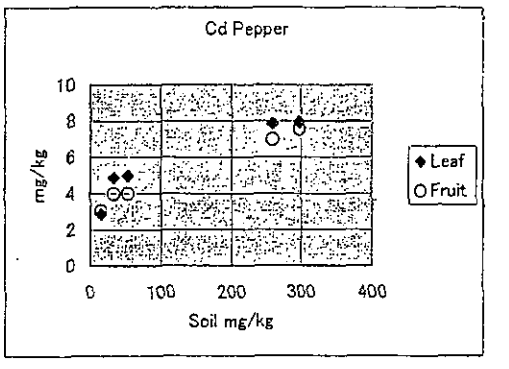


図３－１４　植物中の重金属含有量と土壌中の重金属含有量の相関

(Environmental Impact Assessment)

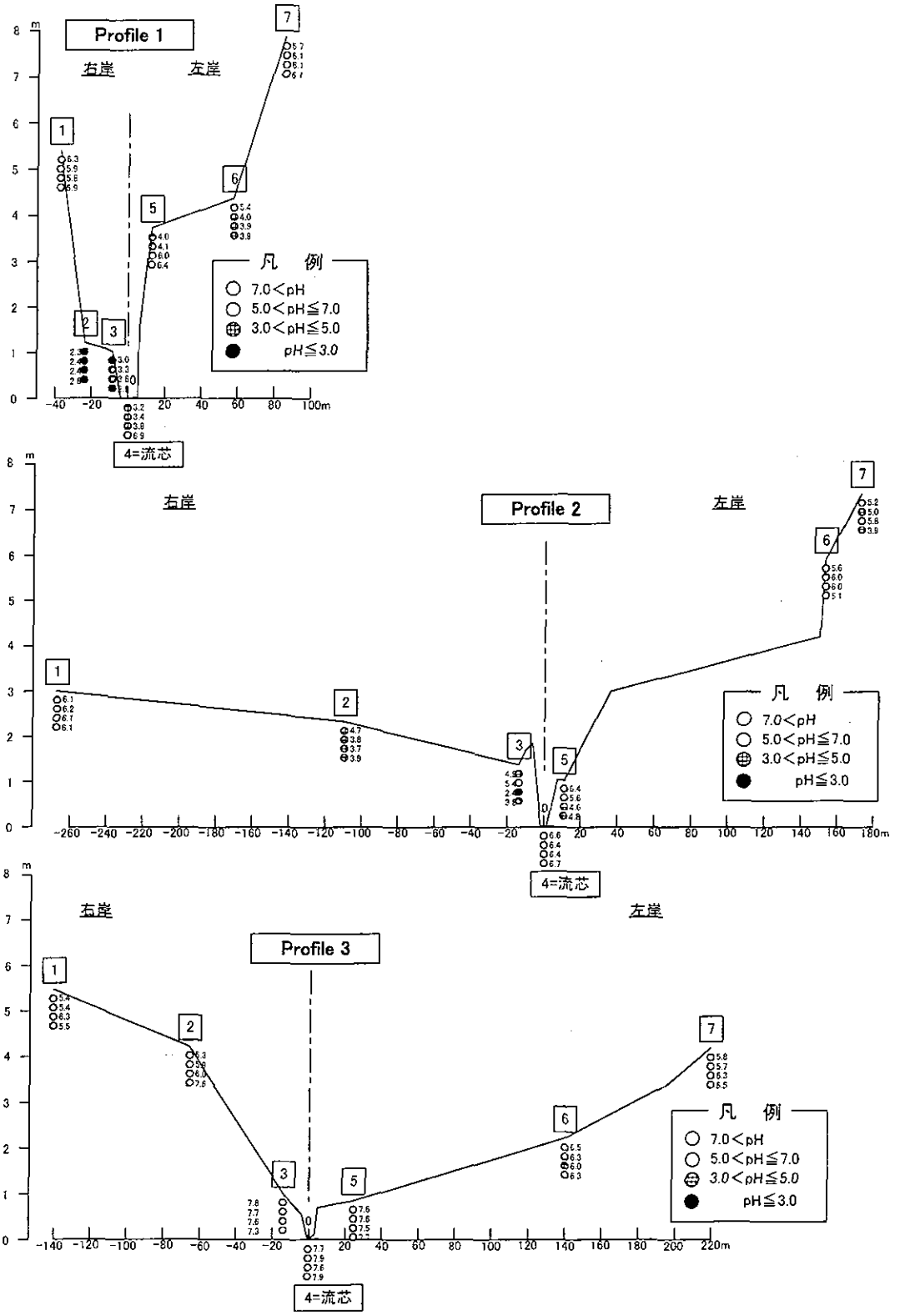


図３－１５　土壌分析結果図：pH
(Zletovisca 水公社による調査；2002 年 8 月)

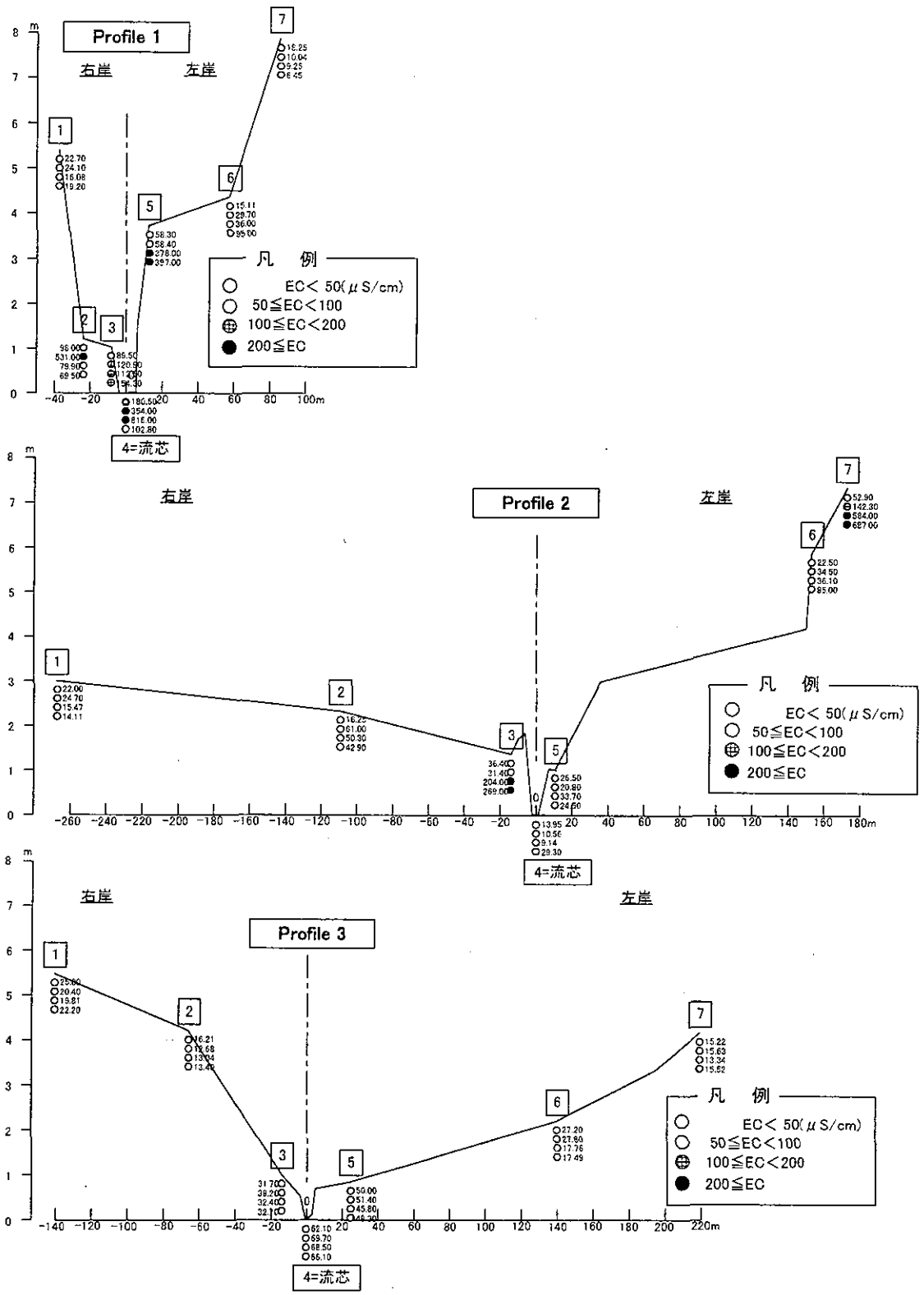


図３－１６　土壌分析結果図：EC

（Zletovisca 水公社による調査；2002 年 8 月）

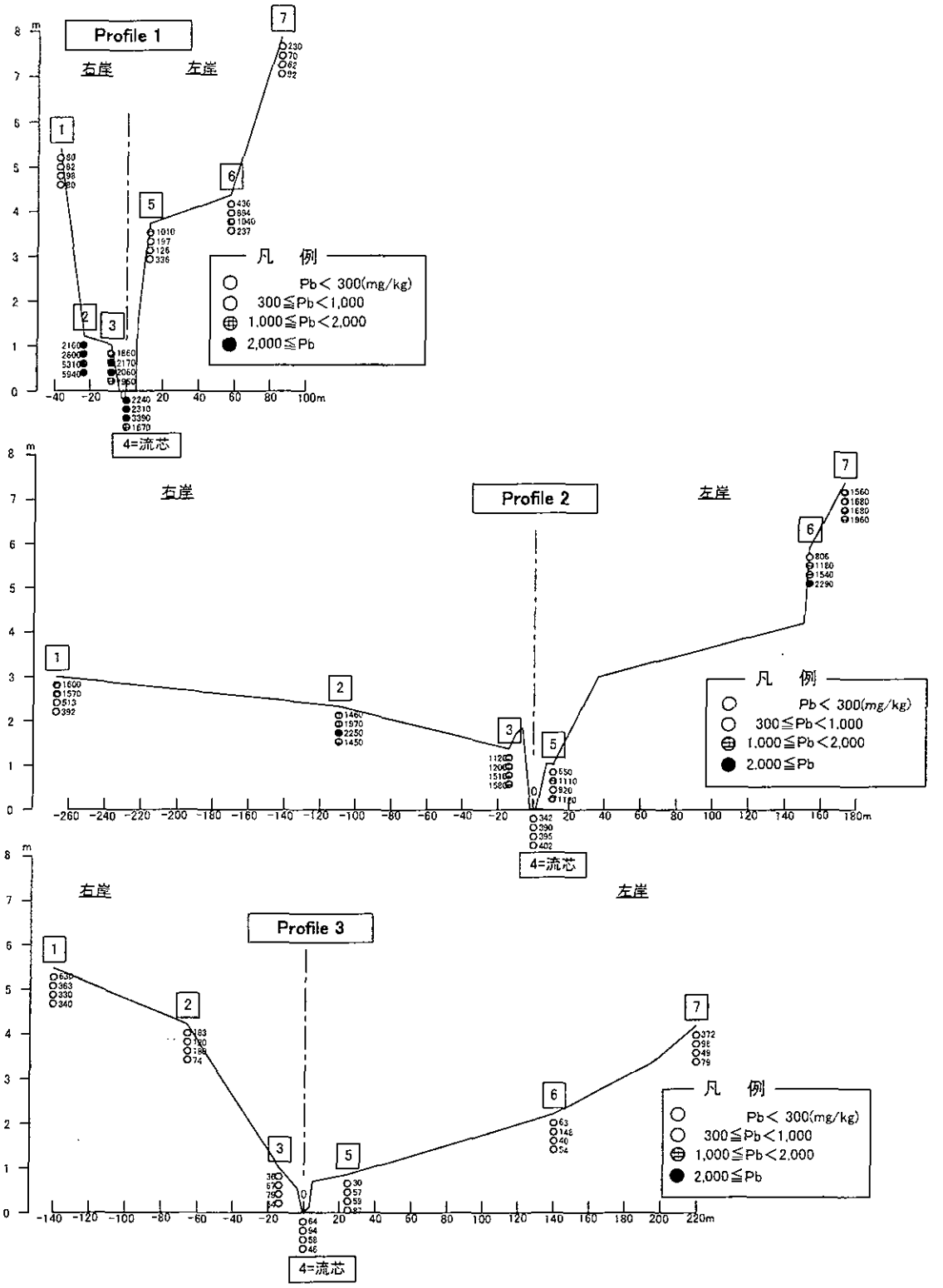


図３－１７　土壌分析結果図：Pb
(Zletovisca 水公社による調査；2002 年 8 月)

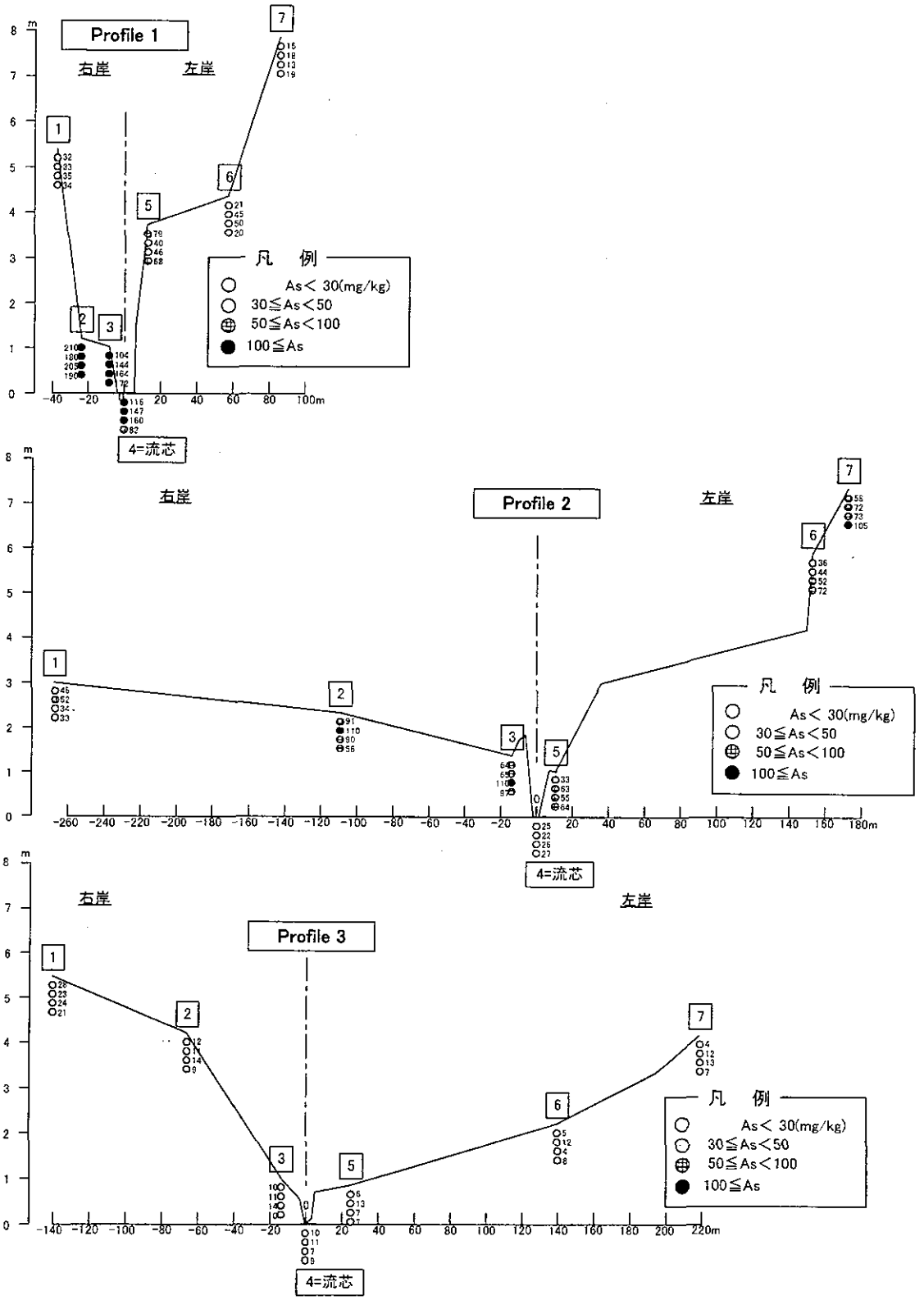
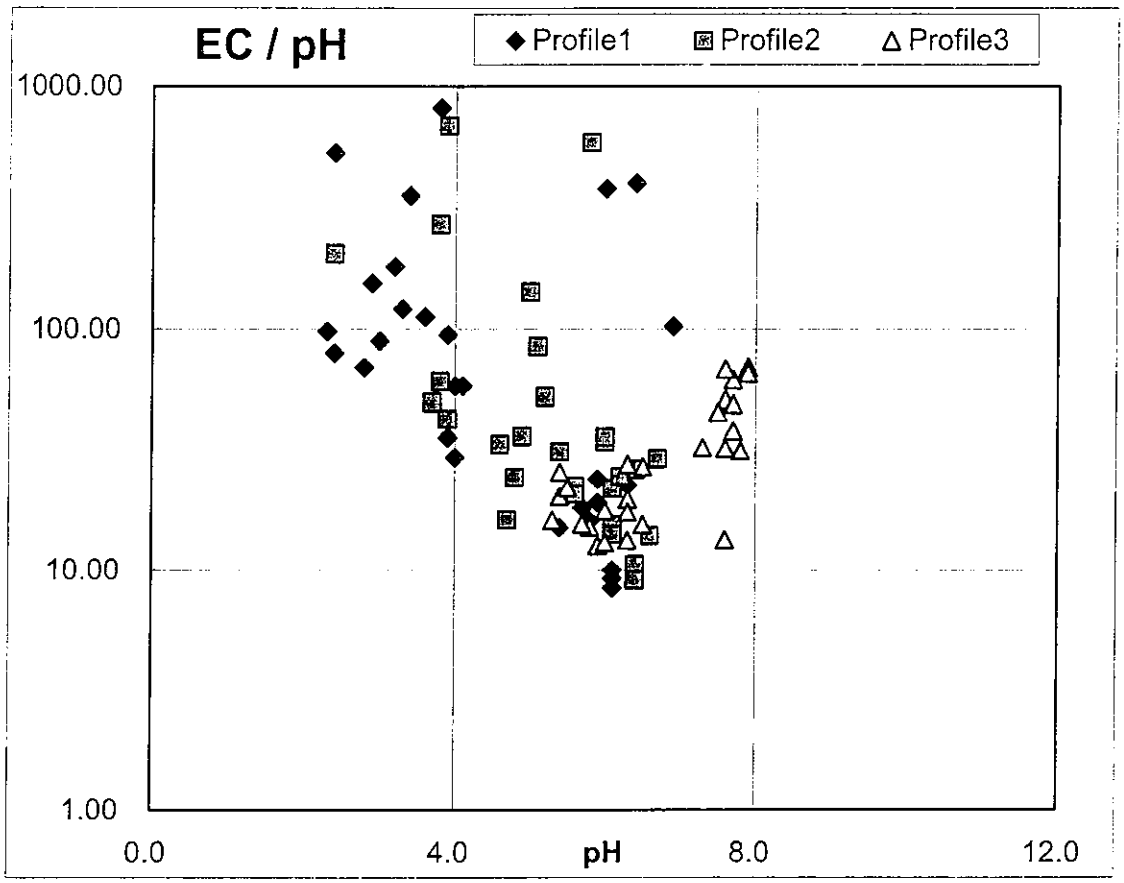


図３－１８　土壌分析結果図：As
(Zletovisca 水公社による調査；2002 年 8 月)



- Profile1とProfile2の土壌の一部は低pH・高ECである。

- 非汚染土壌が分布するProfile3は中pH・低ECである。

- pHとECには負の相関がある。

図３－１９　pH と電気伝導度の相関

3-2 マケドニアにおける汚染地修復の現状

マケドニアにおいては資源(鉱山、精錬)、エネルギー(火力発電、石油精製)、農業(殺虫剤)、産業廃棄物などが原因の土壌汚染が、水質汚染の問題と連動して生じている。しかし、迅速に修復されたのは飲料水源が六価クロム汚染した場合と昨年 8 月末に起きた Sasa 鉱山の鉱滓事故のみである。

以下に、汚染地修復の例として、上記の六価クロム汚染対策プロジェクト Rehabilitation Program for Rashche の概要を記す。Sasa の事例については、第 3-1 節 6) を参照されたい。

【汚染地修復の例：プロジェクト Rehabilitation Program for Rashche】

Rashche と言うスコピエの上水道水源（湧水）の汚染防止プロジェクトである。2 年前に EU の資金援助（百万 EUR）を受け、技術的な援助は受けずマケドニア側単独で実施された。プロジェクトのスーパーバイズは土木工学研究所（入札で受託）が行った。

水源の 15km ほど上流にある鉄製品や Ferro-Silicon、Silicon-Metal をつくる工場内に化学工場があり、そこからの廃棄物を含む盛土が汚染の原因である。水源も汚染源の盛土も Vardar 川沿いに位置している。盛土の直下には Vardar 川に流入する支川が流れていた（盛土下は水路トンネル構造になっている）。

ここでは、次の対策が取られた。

① 盛土下を通る支川の付け替え（盛土の手前で流路を迂回させた）。

② 盛土下流側に井戸を設け、地下水を揚水。この汚染された地下水をプラントで処理（六価クロムを三価のクロムに変える）。処理プラントは問題の工場内にあり、彼らが運転操作している。

③ 盛土への雨水流入を防止するため、不透水性材料で盛土全体を被覆。

汚染源のモニタリングは水理気象研究所が実施していたが、戦争の際にこの地域に立ち入れなくなったため、それ以降、行われていない。Rashche 水源の水質管理は、国立衛生研究所が毎日実施している。

3-3 土壌汚染調査および対策のキャパシティ

1） 組織面のキャパシティ

a. 調査・研究面

調査分析は、大学および旧政府系研究所が担っている。調査・分析の個々の要素技術については、人材面でも機材面でも必要事項を満足する組織があり、実施に当たっての問題はないと判断される。

水質分析については、国立衛生研究所、水理気象研究所、環境都市計画省中央分析所が優れている。特に、国立衛生研究所は設備、人材ともに優れている。

土壌の化学分析については、スコピエ大学鉱山地質学部（Stip 分校）が優れている。Zletovica 地域での既往の重金属分析調査、Sasa 鉱山事故関連の重金属分析も実施している。水理気象研究所の場合、土壌の化学分析の実施について検討しているが、前処理設備を有していないため、現状では実施不能である。

土壌の物理試験については、上記のいずれの機関も設備を有していないため、いずれも以下のような機関との連携が必要である。

土木工学研究所、

スコピエ大学土木工学部地盤工学科

どちらも、サンプリングを含む地質調査・土質試験から土質解析まで実施できる。土木研究所は、Zletovica 地域での重金属分析調査で、スコピエ大学土木工学部地盤工学科は Sasa 鉱山事故での鉱滓調査に、それぞれ実績がある。

研究者としての土壌汚染に係る知見の広さでは、スコピエ大学理学部化学科教授の Traiche Stafilov 氏が優れている。また、今は国会議員を兼務しているが、スコピエ大学 Stip 分校鉱山地質学部教授である Sonja Lepitkova 氏も知見が広い。

表３－１８　調査・分析機関一覧

組織名	運営形態	保有装置	試験対象(重金属)					
			土		水	植物	大気	鉱物
			化学	物理				
鉱山地質学部Stip分校	大学	ICP発光分析計 1台	○		○			○
農学部土壌・土壌化学科	大学	炎光光度計(陽イオン分析用:旧型1台)、液体クロマトグラフ(殺虫剤分析用:1台)	○		△	△		
理学部化学科	大学	原子吸光光度計(3台)、クロマトグラフィ(フレームレス1台、フレーム2台:As.Se用およびHg用)、赤外分光分析計、高速液体クロマトグラフ(HPLC)、蛍光光度計、ガスクロマ	○		△	○	○	
理学部生物学科	大学	微生物関連分析装置あり。						
土木工学部地盤工学科	大学	物理試験器、力学試験機		○				
Republic Institute for Health Protection	国立	ガスクロマトグラフ3台、高速液体クロマトグラフ(HPLC)3台、蛍光光度計、ガスクロマトグラフ質量分析計、ゲルクロマトグラフ、イオンクロマトグラフ(陽イオン、陰イオン、全イオン)、原子吸光光度計3台(フレームレス1台、フレーム2	△		○	○		
Center Laboratory of MOEPP	半官半民	ICP、原子吸光光度計(フレーム、電気)、ガスクロマトグラフ、イオンクロマトグラフ、液体クロマトグラフ、蛍光光度計、分光光度計	△		○	△	○	
Hydro-Meteorological Intitute	半官半民	原子吸光光度計(フレーム式および電気式)、液体クロマトグラフ、イオンクロマトグラフ、ガスクロマトグラフ(TCD、FID)、分光光度計、超音波洗浄器	△		○		○	
Institute of Agricuture	半官半民	原子吸光光度計2台、分光光度計1台	○		△			
Mining Institute	半官半民	現場簡易測定に力点をおいた化学分析室。主な機材は、分光光度計1台	○		△		○	○
Geo-Institute	半官半民	試験室共通:原子吸光スペクトロメーター						○
Geo-Hydro Project								
Civil Engineering Institute	民間	土の物理試験、力学試験装置		○				

凡例: ○ 分析可能
△ 可能だが、対象としていない。

b. 環境管理行政面のキャパシティ

環境管理の主管庁は、MEPP である。職員数は約 100 名で、他に 40 名の契約職員がいる。1998 年に分離・設立されたまだ若い組織であり、職員も若く省内には活気がある。

個人的には能力の高い人材が多いと感じるが、予算不足から業務量に対する職員数が不足している。特に EU 統合化を目指して、環境関連法規のドラフト作成、国家環境行動計画 II の作成など多忙である。

2) 社会・制度面のキャパシティ

a. マケドニア国の法規およびモニタリング体制

【MAFWE】

4 年前に施行された法律により、土壌汚染については、農土だけでなくすべての土について、農業水経済省が法・制度を整備する義務を負っている。しかし、現状、規制値は設けられていない。

農業法の中で、土壌管理に関係するのは、Law for agriculture and land use であるが、これに記載されているのは、灌漑規定、施肥規定等に関する事項である。土壌改良という面では、MAFWE は酸性土壌をより生産性の高い土地に改良する義務を負っている。

現在、MAFWE と MEPP が共同で、健康保護、食料生産、農薬等に関して法制度整備に取り組んでいる。EU 基準への統合を目指すものである。Draft はまだ一部しかできていない。

【環境都市計画省：MEPP】

MEPP が環境管理に使える唯一のツールは現状、環境影響評価（EIA）のみである。しかし法的規制は現在持っていない。環境法原案が議会に提出されており、本年末には法制化される見込みである。現在の EIA は、事業計画実施前に書類を提出し、それが MEPP で検討・評価されるシステムである。Public Involvement はほとんどない。

【経済省：MOE】

鉱山法はあるが、その記述に鉱山排水は含まれていない。また、鉱山排水は、廃水にも含まれていないし、これに対する特別な法律もない。また、一般廃棄物管理に関する法規制はない。

【その他】

2005 年 1 月より、様々な権限や義務が中央政府から地方政府に移管される予定である。環境関連の権限や義務もそれに伴い、移管される。今は国会の承認待ちである。

【モニタリング】

現法制度上では、土壌のモニタリング義務を負っている組織はない。

○水理気象研究所：Hydro-meteorological Institute

表流水、地下水、廃水、大気についてモニタリング義務を負っている。国中の川、小川、湖および貯水池に６０余りの観測点がある。観測は、水理気象研究所と MAFWE の出先が実施している。Vardar 川沿いの 13 観測店では、毎月 1 回の割合で観測が行われている。他の地点では、1 回／2 ヶ月の割合で行われている。

また、表流水の水質評価は、DO、BOD、COD、pH等を指標としてクラス分けされ、可能用途が定められている。しかし、環境基準に基づく排水基準や施行規則はない。

地下水に関しては、予算上の制約から、1981 年以降、モニタリングは行われていない。Arsenic、Antimony、Copper、Iron、Mercury、Cadmium、Cobalt、Nickel、Lead、Zinc、Silver を含めた 29 項目の試験が行われ、水質クラスによりその許容濃度が決められている。

○国立衛生研究所：Republic Institute of Health Protection
健康管理にかかわる計画、統計などの業務を行っている。また、水の用途が上水の場合には、水質モニタリングを行っている。

表３－１９　用途別表流水水質クラス

Class	水の用途
1	清浄な水。上水、食品産業、価値の高い養魚場等に、直接あるいは消毒後使用可能な水。
2	スポーツ、レクレーション、低価値の養魚等に使用可能な水。上水および清浄な水を必要とする産業に対しては、通常の水処理（凝集、濾過、消毒）を必要とする。
3	直接あるいは適切な水処理後、灌漑および清浄な水を必要としない産業用水として使用可能な水。
4	上記以外のすべての水で、特別な水処理後使用される。

表３－２０　クラス別水質許容値一覧

水質指標	最大濃度			
	1 class	2 class	3 class	4 class
1. DO (mg/?) 最低値（地下水、湖は除く）	8	6	4	3
2. 酸素飽和度（%） 過飽和	90-105 -	75-90 105-115	50-75 115-125	30-50 125-130
3. BOD	2	4	7	20
4. COD	10	12	20	40
5. TSS (mg/?)	10	30	80	100
6. 無処理水の乾燥沈殿物 表流水 地下水(karst: mg/?) non-karst: mg/?	 350 350 800	 1000 1000 1000	 1500 1500 1500	 1500 - -
7. pH	6.8-8.5	6.8-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0
8. 大腸菌数(in 1?) ：水浴用途	2000 -	100000 20000	200000 -	- -
9. 腐敗度(地下水、湖には不適用)	Oligo- sapro- genic	Meso sapro- genic	Meso sapro- genic	meso saprogenic polisapro- genic
10. 生態学的生産性の度合い（湖のみ）	Oligo tropic	medium	- eutrophic	-

b. EU 諸国の環境法制度（特に鉱山関連）の現況

EU 統合に向けて新しい環境政策の確立と規制の統一化が欧州委員会（EC）で進められている。欧州委員会では、具体的な統一基準として、「規則」（Regulation）と「指令」（Directive）を通じて施策を実施している。「規則」とはそのまま加盟国で法律と同等に施行されるもので、「指令」は各国が再度法制化して施行するものである。

これまでに発効しているＥＵ関連の環境規制動向を整理したものを、表３－２１、２２の整理表に示す。

鉱山廃棄物に関しては、欧州では 1975 年に廃棄物基本指令（Waste Framework Directive、75/442/EEC）が制定されており、鉱山廃棄物もその一般事項の適用を受ける。さらに尾鉱ダム等の鉱業廃棄物を処理する施設は、埋立て指令（Landfill Directive、1999/31/EC）の適用を受ける。しかし、埋立て指令は鉱山からの廃棄物処理にはそぐわず、また「危険物質を含む主要事故災害規制に関する指令（Seveso II、96/82/EC）」では、鉱業廃棄物はその適用対象外となっている。

このような状況の中、欧州地域では、1998 年 4 月の Los Frailes 鉱山（スペイン）の尾鉱ダム崩壊、2000 年 1 月の Baia Mare 金鉱山（ルーマニア）のダム崩壊が発生した。Los Frailes 鉱山事故では 300 万 m3 の鉱滓と 400 万 m3 の酸性水が流出し 4,500ha の土地を汚染した。Baia Mare 金鉱山事故では、シアン化合物を含む 10 万 m3 の泥と廃水が流出した。この廃水はドナウ川の支流 Lapus 川に流入し、ルーマニア、ハンガリー、ユーゴスラビアを経由して黒海まで流れ、国際問題になった。この他、イギリスやイタリアでも鉱山関連の事故が発生している。

これらの事故が発端となり、欧州委員会は同様の事故の再発を防止するため、鉱業廃棄物の管理を強化すべく、次の事項に着手した。

- 鉱業廃棄物の管理に関する指令の新設
- 技術手引書の作成
- 「危険物を含む主要事故災害規制に関する指令」に一部鉱山廃棄物を含める修正

この中で、「鉱山廃棄物の管理に関する指令案（2003/0107(COD)）」が既に公表されている。これは、EU 諸国、その他ステークホルダーとの討議を経て作成されており、現在は原案第 3 版で欧州委員会事務局案となっている。特筆事項として、事故が発生した場合の処理費用を事前に用意しておくという「業界による財務保障」がこの案には盛り込まれているが、保証制度の詳細は産業振興も考慮したい

各国政府に委ねられている。

マ国も EU 統合化を目指す以上、この指令案を何らかの形で国内法制度に反映させなければいけない状況にある点、プロジェクトの実施に際しては注意を要する。

表３－２１　　ＥＵ環境規制動向整理表（１）

項目、指令・指令案	状況	主な内容	新しい動き、問題点、産業界の考えなど
一般環境規制			
IPPC(総合的汚染管理防止制度) IPPC指令 (96/61/EC)	1999年発効 2000年に非鉄BAT手引書完	・ 対象となる産業部門のBATを手引書に示す ・ 排出源におけるBAT利用により汚染物質の排出を管理 ・ 対象施設は2007年までに認可取得義務	・ 鉱山施設を対象に含めることを検討 ・ 対象企業は実情に合わせた環境対策を選択可能
大気 大気環境枠組指令(96/62/EC)	1996年発効	・ 対象：So_2、No_x、オゾン、Pb、PM10、CO、Cd、Be、As、Ni、Hg	・ 産業界はIPPC指令のもと、BAT導入により最善を尽くしており、基準値の厳格化に
(1) So_2、No_x、Pb、PM10指	1999年発効	・ Pb制限値2010年までに0.5ng-1.0ng/m^3	
(2) Be、CO指令	2000年発効	・ Be制限値2010年までに5mg/m^3	
(3) オゾン指令 (COM(1999) 125-2) & NEC指令 (COM(1999) 125-1)	1999年指令案の提出	・ NEC指令を別途策定しオゾン濃度の低下図る ・ 各国にSO_2、No_x、VOCs、アンモニアの上限値	
(4) As、Cd、Hg、Ni、PAH指令案	欧委内で指令案公表	・ 2010年までにHg 50、As 650、Cd 550、Ni 2,050ng/m^3	
水 水質枠組指令 (2000/60/EC)	2000年発効	・ 排出制限と水質基準達成の両面規制 ・ 対象物質のリスト作成(2001 2020年までにHg、Cd排出禁止；Be、Ni規制対象	・ ニッケルの吸引による発癌性と水中のリスクを区別すべきと要請
化学物質			
危険物質の分類、包装、表記の統一に関する指	1967年の策定以来数次に亘り改正	・ 化学物質規制の基礎として、化学物質の危険特性を規定し付属書に「危険物質リ	・ 新たに化学的な証明が行われた場合、有害性の概念基準や物質リストを変更
危険調合物に関する指令 (99/45/EC)	1988年の策定以来数次に亘り改正	・ 有害物質を含む合金など調合物の分類	・ 合金の特性に合った分類やリスクアセスメントについてWG設置し見直し中
新規物質リスクアセスメント指令	1993年発効	・ 1981年9月18日以降の販売物質の通告義務付け	
既存物質リスクアセスメント規則 (793/93)	1993年発効	・ 優先物質リストに基づき、Ni、Cd、Znのリスクアセスメント実施	・ 亜鉛のリスクアセスメント完了・非鉄金属の特性を考慮したリスクアセスメントの手引書の改善に産業界参加
危険物質の販売・使用に関する指令	1976年発効	・ リスクアセスメントにより有害とされた物質の販売・使用を制限 ・ 制限措置を実施した場合の費用対効果分析、代替物に関する調査実施	・ 「予防原則」に基づき、必ずしもすべての物質規制が同指令に依拠していない現状 ・ これまでにニッケルの一部使用(アクセサリー等)に適用
新化学物質政 化学物質政策白書	2002年2月白書発表	・ 化学物質の登録、評価、認可制度の導入 ・ 産業界へリスクアセスメントの実施負担を移行	・ 対象範囲、施行期限などについて協議中

出典：金属鉱業事業団　EU エコ・ブリーズ

表３－２２　　ＥＵ環境規制動向整理表（２）

項目、指令・指令案	状況	主な内容	新しい動き、問題点、産業界の考えなど
廃棄物			
廃棄物規制の枠組 廃棄物枠組指令 有害廃棄物指令	1975年導入、1991年大改正	・廃棄物の発生防止、リサイクルの促進、処理回収事業者に対する認可制度等規定	・網羅的な「廃棄物リスト」作成・廃棄物、有害廃棄物の定義の改善が求められている
IPP(統合的製品 統合的製品政策緑書	2001年2月緑書発表	・廃棄物政策も視野に入れた新たな製品政策の検討	・税制措置・補助金支給等により'グリーン製品'促進目指 ・金属の使用を制限する動きも見られる
廃自動車指令(200/53/EC)	2000年9月発効	・メーカーに回収リサイクル義務 ・2003年以降Pb、Cd、Hg、6Crの使用禁止(バッテリーに含まれるPb等例外有り)	・具体的な回収・コスト負担の方式巡り議論継続
使用済み電気・電子製品指令案及び有害物質使用制限指令案	間もなく採択見込み	・多岐にわたる家電製品を対象にメーカーに回収 ・リサイクル義務・Hg、Cd、PB、6Crの使用制限盛り込	・リスクが十分に証明されていない現状での物質の使用禁止案に産業界反発 ・金属の既存のリサイクルシステムへの影響懸念
使用済みバッテリー指令(91/157/EEC)	改正案の作成難航	・回収・リサイクル率 ・水銀の使用即時禁止 ・ニカド電池2008年までに禁	・ニカド電池の禁止巡り対立続く ・産業界は回収制度の強化を提案
包装品・包装廃棄物指令(94/62/EC)	改正案の作成難航	・全体のリサイクル目標を2006年までに60% ・物質ごとのリサイクル目標(金属2006年までに50%) ・包装品の規格策定	・欧州規格により包装品を規制する内容等を巡り対立続く ・包装材に用いられる材質を規定する内容検討、このため金属も制限対象となる可能
廃棄物の越境移動 バーゼル条約	1992年発効 締約国会議開催し課題検討	・OECD加盟国等から非OECD加盟国への有害廃棄物輸出禁止	・リサイクル事業が一部途上国で阻害されるとの懸念があり検討を重ねている
その他			
環境賠償責任 環境賠償責任指令案	2000年2月白書発表 指令案間もなく発表見込み	・付属書で特定される産業者が深刻な汚染を引起した際、修復・浄化義務を課す ・賠償責任は認可を取得し操業している場合にも適用 ・汚染が過去の産業活動等に起因すると考えられる場合、企業側に証明責任	・欧委の示す内容について産業界、加盟国政府、環境保護派がそれぞれ不服としており今後も議論の難航が予
危険物質を伴う産業活動による災害事故 セベソII指令	1997年発効	・危険物質を伴う大規模災害防止と対策、職場安全	・現在対象とされていない鉱山施設を指令対象とすること

出典：金属鉱業事業団　EU エコ・ブリーズ

3-4 ステークホルダー分析

1） ステークホルダー分析

a. プロジェクトの目的

ステークホルダー分析を行うにあたっては、プロジェクトを想定しその目的を明確にする必要がる。そのため、後述する技術協力の可能性検討結果を踏まえ、想定プロジェクトの目的を以下のように定義した。

「マ国の制度・体制・組織整備による土壌汚染に係る対処能力向上」

（ただし、対象汚染物質は有害元素（重金属）とする。）

このプロジェクトの中には、現実の土壌汚染問題への対処を通じて関係組織のキャパシティ・ビルディングを図り、かつ得られた知見・課題をプロジェクト全体にフィードバックさせるパイロット・スタディを含むものとする。このパイロット・スタディ対象地としては、Zletovica 地域を想定した。

b. ステークホルダー分析

ステークホルダー分析は、まずプロジェクトの段階毎の参加役割マトリックスを作成し、これを参考にキー・ステークホルダー等について検討した。結果は下記のとおりである。

表３－２３　プロジェクト参加役割マトリックス

プロジェクトの段階	参加の形態			
	情報提供先	相談相手	協働関係	調整
計画	地域住民 NGO 他ドナー	地元出身議員 EUI	MAFWE MEPP	MOE 関係自治体
実行	地域住民 NGO	地元出身議員	MAFWE MEPP 衛生研究所 水理気象研究所 スコピエ大学 HS Zletovica	MOE 関係自治体 汚染排出組織

モニタリング・評価	地域住民 NGO		MAFWE MEPP スコピエ大学	MOE 関係自治体

表３－２４　ステークホルダー表

ステークホルダー種別	利　害	Impact	Priority
二次ステークホルダー			
MAFWE	法制度・組織・体制整備、	(＋)	5
MEPP	法制度・組織・体制整備	(＋)	5
衛生研究所	モニタリング技術向上	(＋)	2
水理気象研究所	モニタリング技術向上	(＋)	2
スコピエ大学	モニタリング技術向上	(＋)	2
HS Zletovica	灌漑適地区分	(＋)	3
地元出身議員	地域振興	(＋/－)	1
一次ステークホルダー			
MOE	排出規制対のための法制度整備	(－)	1
汚染排出組織	排出規制対応	(－)	1
現地住民／農民	危険回避、健康回復 灌漑など適地区分	(＋) (＋/－)	5
外部ステークホルダー			
NGO	危険回避	(＋)	1
他ドナー	―		

注）Impact は、短期的な見地からの評価とした。

2）　関連省庁の汚染問題への基本スタンス

今回の調査で明らかになった関連省庁の汚染問題への基本スタンスは下記のとおりである。

a. 農業森林水経済省（MAFWE）

土壌関連の法規を扱うが、基本的には農業振興がその基本にある。そのため、土壌に対する接し方も農業生産量増大を目的とした土壌改良の面からのアプローチが主である。汚染土壌の修復も、汚染して使えない土地を農用地として使えるようにするための方策と捉える傾向が見られる。

b. 環境都市計画省（MEPP）

環境管理関係の法規を扱う。EU 統合化の流れの中で準備されてい

る新環境法の中では、モニタリングも同省の所管になることが明記されている。そのため、規制・環境管理の面からは、同省が本プロジェクトの主 C/P の役割を果たす、との考えが基本にある。

c. 経済省（MOE）

汚染排出源となる産業を管轄する官庁である。例えば鉱山関係は、同省のエネルギー・鉱山部が管轄しており、鉱山開発の許可権限を有している。金属鉱山はかつてこの国の主役産業であったが、反面、汚染原因者であることも十分認識している。汚染を削減するよう鉱山施設の技術改善をするのはこの省の義務である。そのため、本プロジェクトによる法制度・体制整備が進んだ場合は、短期的には負のインパクトを受ける立場ではあるが、本プロジェクトの実行に対しては比較的積極的である。

d. Zletovica 水公団（HS Zletovica）

灌漑水の供給がその主な業務である。JBIC ローンによる Knezevo ダム建設事業の進捗にあわせて灌漑施設の整備を進める必要があるが、近年、灌漑予定エリアの中に重金属汚染地域が分布することが明らかになった。しかし、その分布範囲は明らかでないため、灌漑可能地域の適正な選択あるいは汚染地修復の必要性に迫られている。そのため、同公団としては、現在の灌漑予定地域の中から土壌汚染のために灌漑が不適となる地域を選び出すことに第一の目的がある。場合によっては代替地提供などの対処方法もあるため、必ずしも汚染地修復を望んでいるわけではない。

e. 地方自治体

2005 年 1 月より、様々な権限や義務が中央政府から地方政府に移管される予定であり、環境関連の権限や義務もそれに伴い、地方自治体に移管されることになる。そのため、汚染地域をその行政界内に持つ自治体もキー・ステークホルダーとなる可能性が高いが、現状ではその権限・義務が不明なためコメント不能である。

Ministry of Agriculture

Water Economy Department

Manager

Counsellors to the Manager

- a dams, irrigation, flood defense and international waters
- b Water licences, permits and conditions for designing
- c Chief Inspector for water regime and water-economy objects
- d Chief Inspector for erosion protection, sheet and river-bed design and flood defense
- e Chief Inspector for water pollution protection
- f Expert and administrative issues regarding Water Fund
- h Management of water-economy replenishment and database
- h1 Evaluation, processing and management with natural water resources
- h2 Management with water resources, modeling of natural phenomenon and IT processing
- i Water economy administrator

Veterinary Department

Manager

Counselors to the Manager

- a Epizootiology
- b Drugs
- c Chief Veterinary Inspectors
- d Cattle numbering and statistics
- e Manager of border veterinary inspectors
- f Veterinary technician
- h Veterinary administrator
- i Veterinary Inspectors
- j Veterinary technicians
- k Veterinary administrators
- l Janitor

Inspectorate for Agriculture

Manager

- a Chief State Inspector
- b Chief State Inspector for plant protection
- c Manager of border plant protection inspectors
- d Administrative technician
- e Agricultural State Inspectors
- f Janitor

Inspectorate for Forestry

Manager

- a Chief State Inspector for forestry and hunting
- b State Inspectors for forestry and hunting

Forestry Department

General State Inspector

- a Forest designing
- b Breeding and melioration of forests
- c Hunting
- d Forest protection
- e Forest roads designing

Seed and plant material Department

Manager

- a Internal organization Units
- b Control unit for planted materials, on field and in lab.
- c Brand acknowledgement and approval Unit
- d Brand protection Unit
- e National Genetic Bank Unit
- f Information and statistics Unit

Plant protection Department

Manager

Counselors to the Manager

- a Fitosanitary control

Counselors to the Manager

- b Monitoring, forecast and diagnosing

Counselors to the Manager

- c Registering of protective aids and fertilizers

図３－２０　　農業森林水経済省組織図

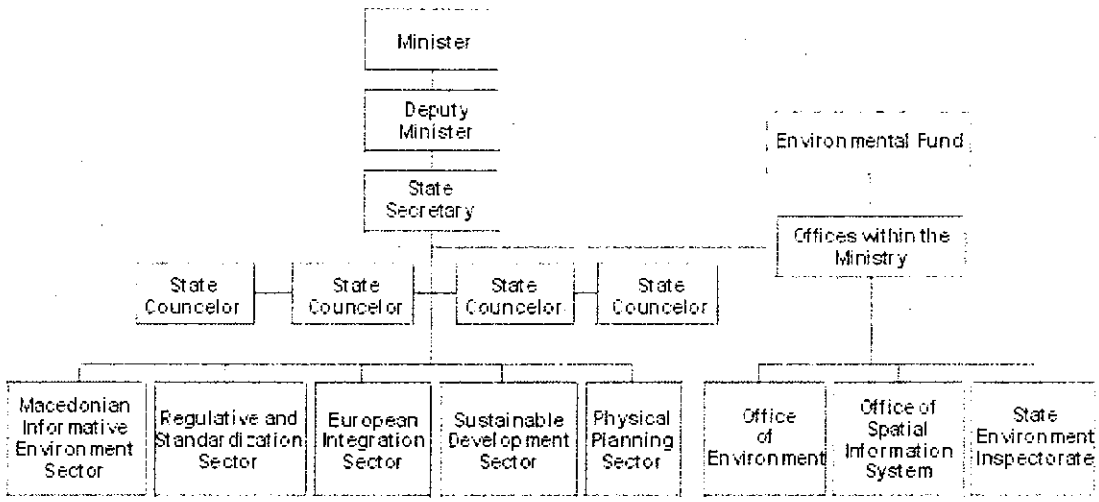


図３－２１　　環境都市計画省組織図

3-5 土壌汚染に係る技術協力の課題とニーズ

マ国においては、有害元素による土壌汚染の主な汚染源は金属鉱山およびその精錬施設、選鉱廃棄物、バッテリー工場などである。実際、Zletovo、Sasa、Toranica および Bucim 鉱山は、すでに周辺河川を重金属で汚染している。次表に今回の調査で明らかになった金属鉱山の一覧を示す。

表３－２５　　マケドニア国金属鉱山一覧

鉱山名	産出鉱物	現状	位置
Tajmiste	Fe, Cr, Sb	Closed	Kicevo
Lojane	Fe, Cr, Sb, As	Closed	Kumanovo
Radusa	Fe, Cr, Sb, As	Closed	Skopje
Zletovo	Pb, Zn	Closed	Probistip
Sasa	Pb, Zn	Closed	Kamenica
Toranica	Pb, Zn		Kriva Palanka
Bucim	Cu, Au, Ag		Radovis

注）各位置は図３－２２参照

この他に、Kozof 山脈中の砒素鉱山の例にも見られるように、昔の鉱山で現在廃坑になっているものの中には、一般には知られていないものがあるので注意を要する。

また、Veles の鉛・亜鉛精錬所、Skope の鉄工場、Jegunovce の Jugochrom、Kavadarci の Fenimark 等の冶金工場も、多くは周辺地域の重金属汚染を引き起こしている。

この国には、25 の大規模な廃棄物盛土があるが、滲出水の処理、発生ガスの処理等は適切な設計がなされていない、との情報がある。また、これらの廃棄物盛土は沖積地やカルスト地形上に位置したりしており、滲出水による地下水汚染が懸念されている。

以上のような状況の中で、Veles 市の土壌汚染については、質・量ともに多くの研究が行われており、Veles 市の鉛・亜鉛精錬所が工場労働者および周辺住民にとって健康障害の要因となっていることが判っている。例えば、疫学データは精錬所周辺住民の鉛・亜鉛血中濃度が高いことを示しているし、精錬所創業（1973 年）以来、住民の呼吸器系の病気による死亡率は増加している。また、精錬所労働者については、血中カドミウム濃度が高く、腎臓疾患が増加している。一方、周辺地域の鉛・亜鉛汚染は、野菜の汚染にまで広がっている（Veles で生育した野菜には、他の管理地域と比較して、15 倍以上の鉛、亜鉛、カドミウムが含まれる、

と NEAP で報告されている)。

しかし、他の金属鉱山地域や冶金施設のある都市では、まだまだ汚染の実態が把握されていないのが現状である。また、これまでに述べてきたように、土壌汚染を規制し、環境管理するための法制度も未整備である。

水環境についても、環境基準に基づく排水基準や施行規則はないため、企業はしばしば無処理水を公共領域に排水している。例えば、クロミウム、鉄、カドミウム、鉛、亜鉛が Jegunovce や Veles の下流で Vardar 川に影響を与えている。

環境モニタリングは、水質・大気については義務付けられているが、土壌については規定されていないため、環境管理をしたくても土壌についてはできない、というのが現状である。

また、情報データベースは現在 MEPP 内で構築中であるが、例え環境情報が得られたとしても政府保有情報を入手するためには、正式なレターが必要である等、情報公開にも障壁がある。そのため、国民の環境に対する自覚の向上も難しい状態である。

以上のようなマ国の状況のため、土壌汚染については、緊急な組織・法制度の整備、モニタリング体制の確立、および汚染調査・対策・修復のための技術移転が必要とされている。

また、自然由来の汚染と区別し、適切な土壌汚染環境管理の実現および有効な国土土地利用計画の策定を行うためには、土壌汚染マップ、地球化学図の作成が急務である。

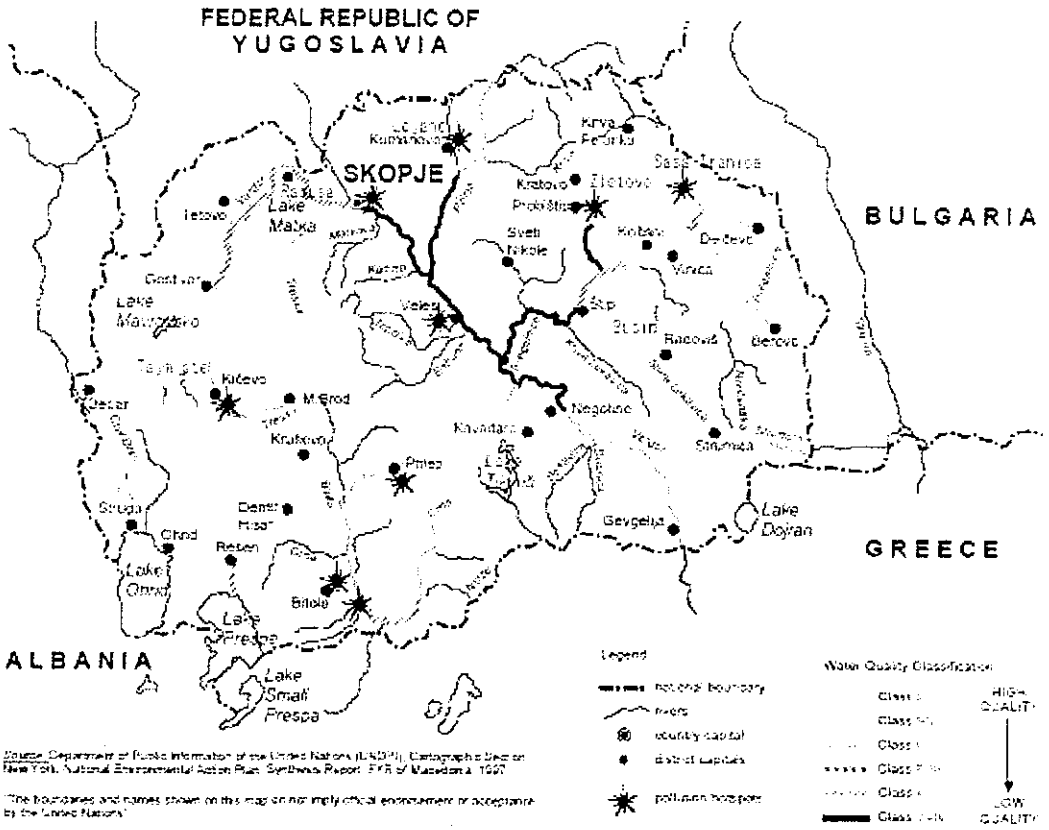


図３－２２　　主要 Hot Spot 位置図