

## 第5章 情報整備

### 5.1 MEM の GIS データベースの現況と評価

#### 5.1.1 MEM のデータベース構築の経緯

MEM の鉱業・地質部(Department of Mining & Geology; 以下 DMG)では、セルビア国において増大する鉱業開発活動の効率的管理を行なっていくために、幾つかのプロジェクトを通じて GIS を用いたアプリケーションの開発・整備を行ってきた(表 5.1)。

MEM-DMG で鉱山・地質調査、開発データのデータベース化、GIS 化を開始したのは、科学・環境保全省及びエネルギー鉱山省が同一省にあった 2001 年である。同年にはフランス地質鉱山研究所(Bureau of Geological and Mining Research, France ; 以下 BRGM)の支援によりテキストベースの鉱物資源データベース及び GIS データセットが作成されこれが本格的なデータベース導入の第一歩であった。その後、2002 年には国連開発計画(United Nations Development Program : 以下 UNDP)による能力構築プロジェクトにより GIS 関連ソフトの導入とトレーニングが実施された。また、最近ではウェブ GIS や鉱区管理用システムの実験的な開発などが MEM 独自パイロットプロジェクトの中で実施されている。

表 5.1 MEM-DMG における GIS データベースの開発

	プロジェクト名	実施機関	年
1	CISGEM: Computerized Information System for Geological Exploration & Mining	MEM	2001
2	Database of Central & South-Eastern Europe	BRGM	2001
3	Formation of a GIS based database of mineral occurrences of Serbia	MEM	2001-02
4	GIS Software Application & Training	UNDP	2002-03
5	Digital Spatial Data for Serbia	MEM	2004-05
6	CISGEM project Extension	MEM	2006-07
7	JICA M/P Study	JICA	2007-08

#### 5.1.2 BRGM による鉱物資源データベース

MEM では 2001 年にフランス地質調査所(BRGM)によって鉱物資源データベース(以後、DB)の構築が行われた。この構築には、BRGM が 2000~2001 年にバルカン地域で実施した「中央ヨーロッパの鉱物資源情報のDB化」プロジェクトの中で様々な専門家による評価ミッションから得られた情報が多く利用された。現在、このバルカン地域のデータの一部は、ウェブ GIS で閲覧可能である(<http://giseurope.brgm.fr/>)。

セ国の鉱物資源関連情報の収集は、ベオグラード大学鉱山地質学部と GeoInstitute(現、地質研究所)の協力によって行われた。この DB は、テキストベースの DB である鉱床 DB と鉱山地区 DB、及び GIS データベースからなる。鉱床 DB と鉱山地区 DB のオープンニング画面は図 5.1 の通りである。データは基本的に英語、フランス語、スペイン語の 3 カ国語で格納されている。



図 5.1 BRGM のデータベース (a) 鉱床データベース、(b) 鉱山地区データベース

鉱床 DB と 鉱山地区 DB は、Microsoft 社のデータベース・アプリケーション Access で構築されており、データの概要は表 5.2 の通りである。図 5.2 は 鉱床 DB と 鉱山地区 DB のテーブル・リレーションシップを示す。これらのテーブルの他に 鉱床 DB では 17 個、 鉱山地区 DB では 7 個のリファレンス・テーブルが用意され、データベースを補完している。各テーブルの構造を、 鉱床 DB は巻末資料 I の 4(1)に、 鉱山地区 DB は巻末資料 I の 4(2)に示した。

表 5.2 鉱床 DB と 鉱山地区 DB の概要

鉱床 DB (Mineral Deposit database)

• 鉱床データ: 199 箇所
• 鉱床・鉱徴地の位置情報
• 地質データ: 地質、地形、鉱化年代とタイプ及び母岩、鉱物組成、脈石及び熱水変質
• 経済データ: 鉱山の状況、開発タイプ、過去の生産量、資源埋蔵量の状況
• 鉱床に起因する可能性のある環境災害のデータ
• 文献リファレンス

鉱山地区 DB (Mining District database)

• 主要鉱山地区数: 12 箇所
• 地区内に位置する鉱床リスト
• 主要一次、二次鉱物(鉱種、生成物)の存在、地域の経済に対する重要性評価を可能にするための含有鉱物量のアセスメント付き注釈
• 地域の主要鉱床タイプと特徴
• 鉱化年代と母岩
• 地質及び経済データの概要
• 鉱山・選鉱活動に関連した汚染放出や環境損害の可能性についてのコメント
• 主要文献リファレンス

一方、鉱物資源図は 75 万分の 1 のスケールで GIS(MapInfo 及び ArcGIS)上にコンパイルされ、エネルギー鉱物、ベースメタル、貴金属、工業原材料、及び主要鉱山について簡易地形・地質図上にプロットされている。これらの空間データは、横メルカトル投影、測地系 NAD 27、回転楕円体 Clarke 1866 の地図上にプロットされている。

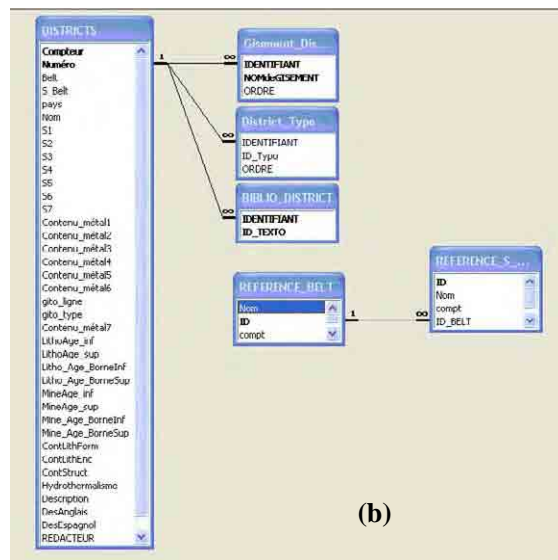
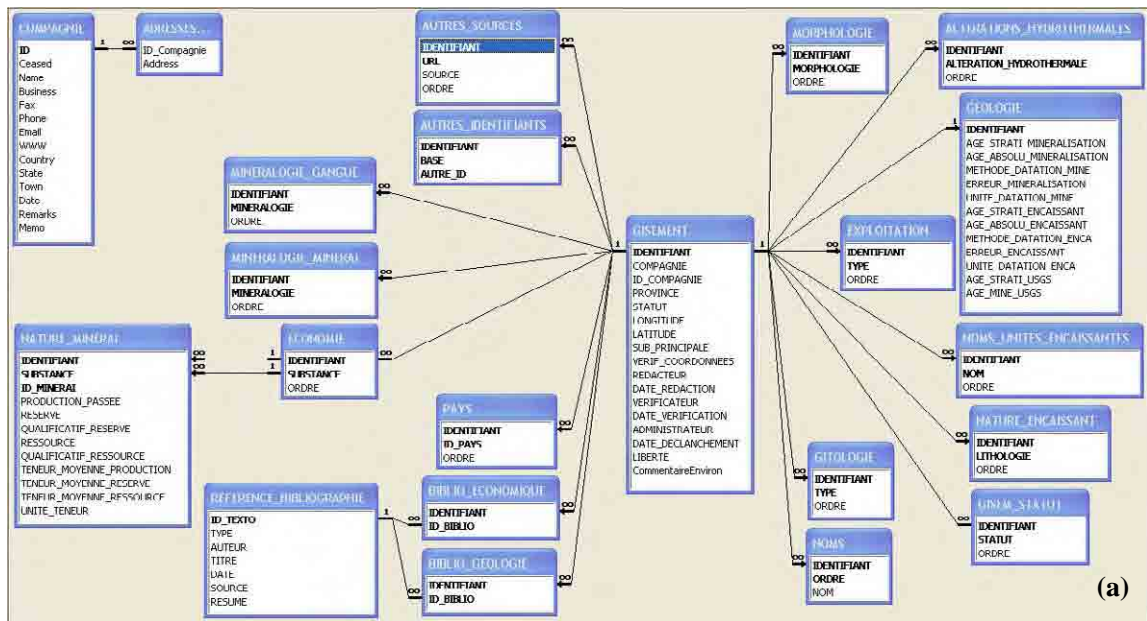


図 5.2 BRGM の構築したデータベースのテーブル・リレーションシップ

(a) 鉱床 DB, (b) 鉱山地区 DB

尚、BRGM のデータベースの課題としては、以下の項目が挙げられる。

- ① コンパイルされたデータは、次項で述べる MEM の GIS データベースには格納されておらず、今後統合していく必要がある
- ② 格納データの内容は、鉱床・鉱徴地の位置情報は正しいものの、埋蔵鉱量、鉱種については見直しが必要であるとの指摘があり、今後検討が必要である
- ③ GIS で利用されている投影法は、現在セ国内で一般的に利用されている投影法 Gauss-Kruger(地理座標系 : Hermannskogel old Yugoslavia)や世界測地系(WGS84)などへの変換が適当である

### 5.1.3 MEMの現況のデータベース

現在の MEM の鉱物資源情報のデータベースは、数種類のデータテーブルを結合した、比較的簡素な構造からなっている。格納された主なデータを表 5.3 に示す。鉱物資源有望地と地質調査地点は軍地理研究所(Military Geographical Institute ; 以下 MGI)によって作成された 1:300,000 のデジタルベースマップ上にプロットされている。また、MGI から提供された地理情報は、ArcGIS のジオデータベースへ移され、70 レイヤーを超えるデータとして格納されている(図 5.3)。その基本地図は、詳細な資源調査には十分ではないが、鉱物資源有望地と関連するインフラを概観するには充分の精度を有している。更に現在、90m グリッド間隔の標高モデル(Digital Elevation Model:以下 DEM)データ、及び Landsat-TM 衛星データが格納されている。ただし、衛星データは3チャンネルのみで、地質調査のための画像解析には利用できない。

表 5.4 には、MEM において管理している GIS データベース・システム及び管理状況をまとめた。

表 5.3 MEM の GIS データベースに格納された主要データ

内 容	格納状況
地質図	スキャンデータ
鉱床生成区	無し?
鉱山地点	存在(408 箇所)
地質探査地点(鉱床関連)	存在(403 箇所)
地質探査地点(水資源関連)	存在(66 箇所)
鉱区範囲	存在(4 箇所)
鉱徴地	存在(275 箇所)
GIS 情報の要求箇所	存在(35 箇所)
休廃止鉱山と廃止理由	存在
インフラデータ:行政区境界、電力関連情報、水理、道路・鉄道・コミュニケーションネットワーク、文化遺産、人口密集地、河川、等高線、経済活動、地名、観光、植生等	存在 (MGI より導入) 70 レイヤー以上
廃滓ダム位置	存在
鉱業汚染モニタリングデータ	存在
DEM	存在 (SRTM: 90m間隔)
衛星データ	Landsat TM(3 バンド)

表 5.4 MEM-DMG の GIS データベースの管理状況

項 目	内 容
GIS データ管理ソフト	ESRI 社製 ArcView
データベース管理用ソフト	Microsoft 社製 Access
GIS ウェブ公開用ソフト	ESRI 社製 ArcIMS
所内ネットワーク	ネットワーク化されている データベースと GIS についてはスタンドアロン利用
ウェブ GIS 用サーバー	未所有
鉱区・鉱物資源情報のデータ入力	所員 2~3 名
空間情報の編集	所員 1 名
データベースの構築、変更	国内の GIS 関連業者に外注



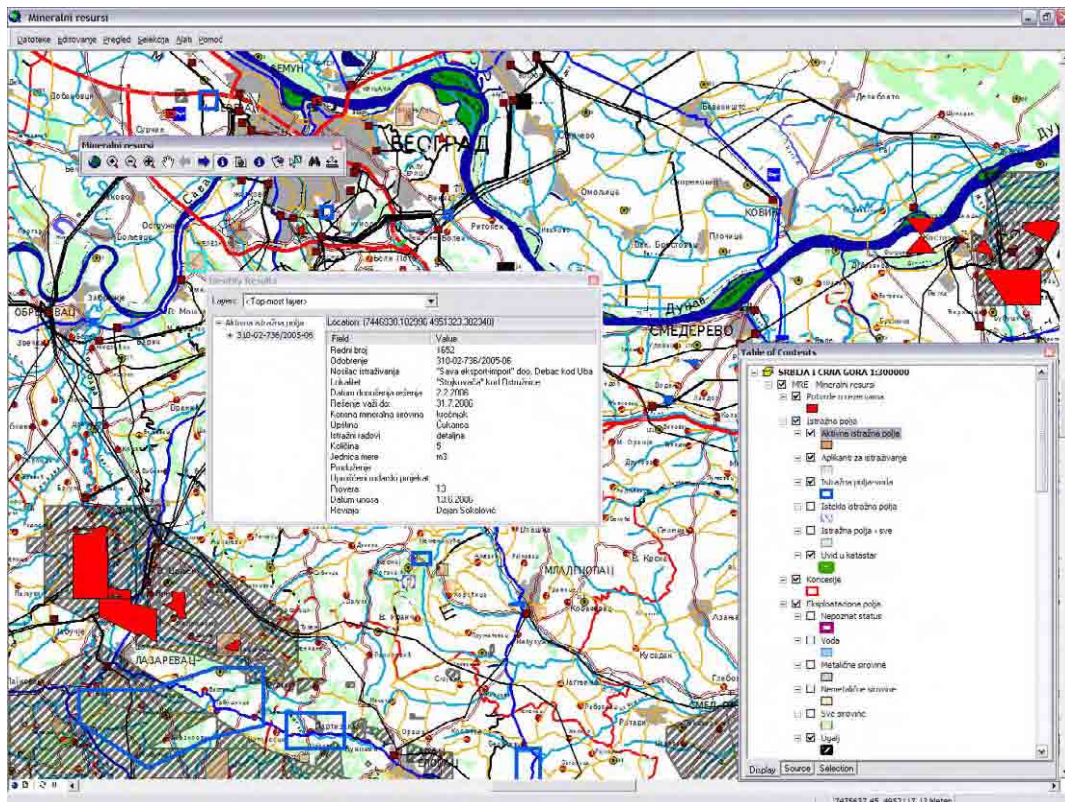


図 5.3 MEM の現在の GIS データベース

## 5.2 MEM ウェブサイト

### 5.2.1 従来のウェブサイト

MEM のウェブサイト(<http://www.mem.sr.gov.yu>)では、セ国の鉱業活動関連情報とエネルギー関連情報が公開されている。

MEM-DGM のウェブサイトでは、政府アナウンス、鉱業政策、鉱業関連法、税金、組織、鉱業活動中の企業、国営会社のリストなどを中心に情報が公開されている。このサイトでは、検索ツールによって情報へのアクセスが迅速に行えるようになっている。また、MEM 職員が内容の更新を行えるウェブ管理ツールが開発されており、こうした機能を用いて情報更新作業は頻繁に実施されている。しかし例えば、1) 関連法については羅列してあるのみで、閲覧者を適切に誘導する「利用者」からの視点がない、2) 地質、鉱床分布などの鉱物資源情報等も皆無、3) 英語版のフレームは作成されていたが、組織的な更新計画などがなく、停滞している、など多くの問題を抱えていた。

### 5.2.2 ウェブサイト構築・拡張

MEM の鉱業部門のウェブサイト英語版の構築について、MEM 側と以下のように検討し、修正、拡張していくことで合意した。その開発概要を表 5.5 にまとめた。また、英語版 MEM ウェブ構築の概要方針案については、図 5.4 に示したとおりである。

表 5.5 MEM-DMG のウェブサイト開発概要

項目	概要説明
1 構築範囲	・ MEM サイトの鉱業部門ページ
2 翻訳	・ 既存ページを英語へ翻訳(鉱業法等は、翻訳の進捗に合わせて英語版にリンク)し、セルビア語版も用意する。
3 ウェブ GIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地図などの空間情報の開示のためのウェブ GIS の開発</li> <li>・ ウェブ GIS のページは新規にデザインし、現在のページからポップアップでウェブ GIS ホータルサイトが立ち上がる</li> <li>・ MEM が試験的に実施したウェブ GIS を基本に、各種操作ツールなどの改良を加え、既存 GIS データの世界座標系(WGS84)への変換を行い、利用者が現況の鉱区位置、地質、インフラなどをウェブ上で動的に地図表示させ、地図作成が可能なサイトの開発を実施</li> <li>・ 2 種類のウェブ GIS ウィンドウが開発された(「高速ウェブ GIS ビューワー」と「本格的ウェブ GIS ウィンドウ」)</li> <li>・ 高速ウェブウィンドウ: 空間情報の高速閲覧が可能(地質・鉱区・インフラ、衛星写真等)</li> <li>・ 本格的ウェブ GIS ウィンドウ: 全空間情報の閲覧・検索が可能、ヘルプ機能を充実させ操作方法を詳細に説明</li> <li>・ 鉱区位置は MEM 側の意向で、ポイントデータとして表示</li> <li>・ ウェブ GIS のドメイン名 : <a href="http://www.serbia-mining.info">www.serbia-mining.info</a></li> </ul>
4 鉱業活動についての指針	・ 外国企業などが、セルビア国において鉱業活動を行う場合の鉱業法や関連規則については MEM 側と協議し、利用者に分かり易い設計と指針書を用意
5 JICA 報告書	・ 本調査最終報告書をセルビア国への第三者評価として、利用者が閲覧可能にする
6 リンク	・ JICA 専門家の調査と MEM、MEP の情報をもとに関連サイトへのリンクをはり、利用者を適切に誘導できるようにした。
7 ウェブサーバー	・ 2008 年 2 月末日までのリースにて対応

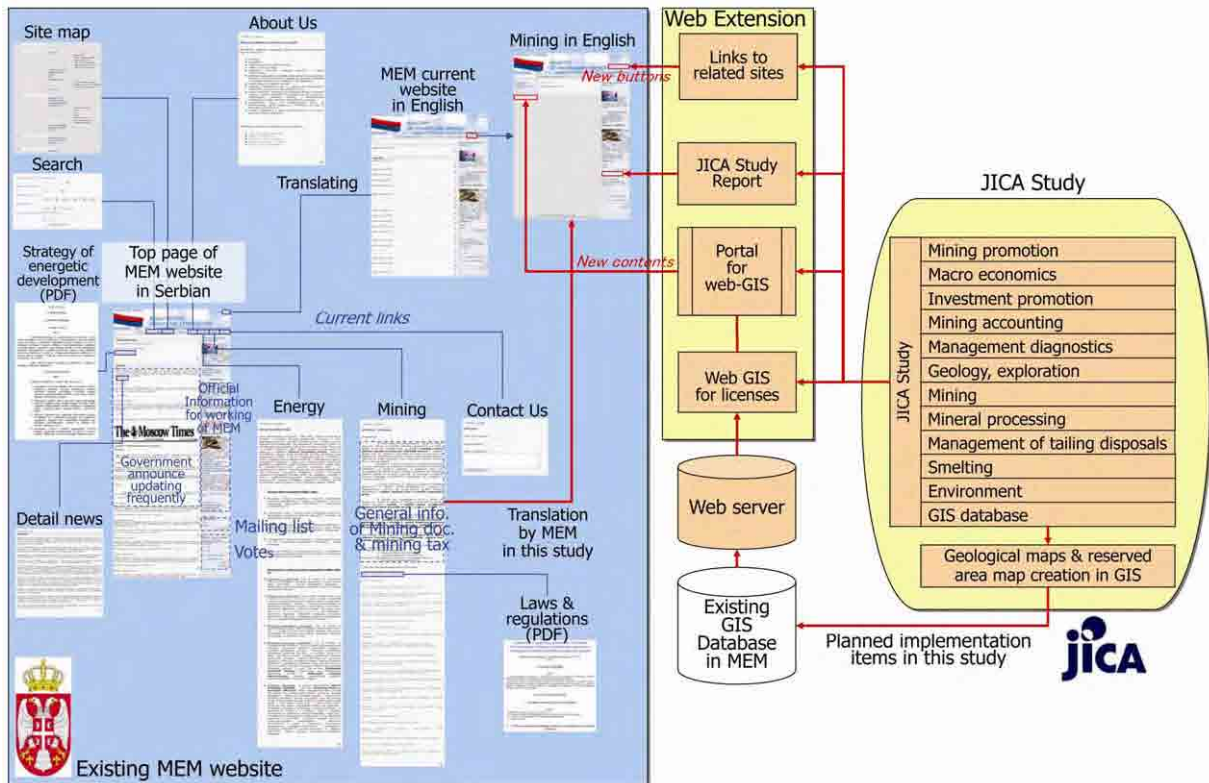


図 5.4 英語版 MEM ウェブ構築の概要

本調査を通じて、英語版の新規追加、セルビア語版の更新、ウェブ GIS の開発など、そ

の内容は、質、量ともに、劇的に改善された。本調査前のウェブの状況と現況を鉱業関連所管政府機関に求められるウェブの基本情報項目(和田他、2006)を中心に表 5.6 にまとめた。尚、本調査前には英語版はなかったため、セルビア語版のウェブ内容との比較を行った。

表 5.6 MEM ウェブサイトの鉱業関連情報の開発状況

項目	本調査前の状況	現況
鉱業政策	有	有
鉱業法・関連規則	掲載されていたが、利用者への適切なインストラクションが欠落し、他の無関係な情報と渾然一体となっていた	新たに法律関係をまとめて、セルビア語版原文へのリンクを行い、英語化されている鉱業法、地質調査法は英語サイトからリンク
鉱物資源情報データベース	無し	Web-GIS に格納
地質図、地形図及び入手方法	無し	50 万分の 1 地質図を Web-GIS 中に背景情報として格納中
ニュース、政府発表	存在したが、他の情報との混在や、情報が古いなどの問題	NEWS としてまとめ、内容を更新
環境情報	MEP にはあるが、リンク無し	MEP へのリンク
鉱区	無し(パイロットシステム有)	Web-GIS に格納
保護地区、規制地区	無し	Web-GIS に格納
インフラなどの背景情報	無し	Web-GIS に格納
国際機関からの援助	無し	JICA を始め、従来支援を行った機関ごとに支援概要を記載
第三者機関のレポート	無し	本調査のレポート、ワークショップ資料を掲載
関連機関へのリンク	無し	鉱業関連の政府機関、研究所、大学、企業へのリンクを行った
連絡先	有	案内地図などを付加
検索ツール	有	同じ、Web-GIS 中には、新規に検索ツールを開発
ウェブ管理	MEM の IT 技術者が管理、また、掲載内容のチェック、更新は所内で適切に処理	
使用言語	セルビア語(英語版フレームのみ)	セルビア語版と英語版が対応するように、追加、更新

新規に格納した英語版ウェブサイトのスナップショットを図 5.5 に示す。本調査で開発したウェブ GIS のポータルサイトは MEM のサイトからリンクされており、図 5.6 に示すページに移行する。一般に、GIS で取扱うデータ量は膨大であるため、高速インターネット回線であってもある程度表示に時間がかかる。そこで、ここでは高速表示を可能にした「高速ウェブ GIS ビューワー」と「本格的ウェブ GIS ウィンドウ」の 2 種類を用意した。高速ウェブ GIS ビューワーは、空間情報の閲覧のみを希望するユーザーに対して高速にデータを提供するためのツールとして設計、設置した。このビューワーは検索機能はない代わりに、インタラクティブな空間情報の高速閲覧が可能になっている。ただし、情報内容は「本格的ウェブ GIS ウィンドウ」同レベルであり、地質、鉱区、インフラ、衛星写真などの鉱業分野への投資検討のための基本情報を提供している。この高速ビューワーによる表示例を図 5.7 に示す。一方、図 5.8 に示す「本格的ウェブ GIS ウィンドウ」では、本格的な検索ツールが用意され、掲載した全ての空間情報についての属性情報をウェブ GIS データベースから検索可能になっている。また、操作方法については、ヘルプウィンドウを充実させ、ウェブ



ブ GIS 操作初心者でも簡単に作図、検索が可能にした。本サイトでは、ウェブ GIS データの検索・表示速度を最大限にするため、データの簡略化、ウェブ GIS データベースの効率的設計を行ったため、従来のウェブ GIS サイトと比較して迅速で、快適な利用環境となった。本サイトは、JICA 専門家と MEM 担当者、現地コンサルタントの協力によって、順次改良が行われ、2008 年 1 月に公開された。



図 5.5 MEM の鉱業地質部のウェブサイト

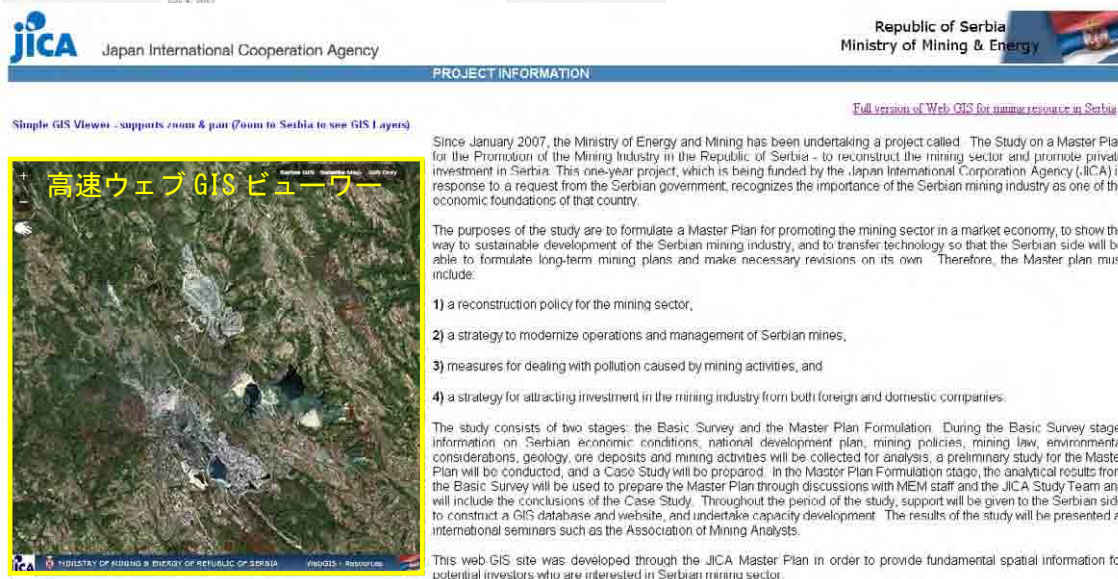


図 5.6 ウェブ GIS ポータルサイト



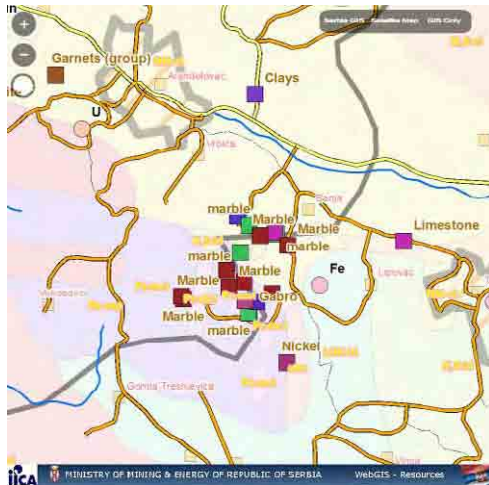


図 5.7 高速ウェブ GIS ビューワーによる空間情報表示例

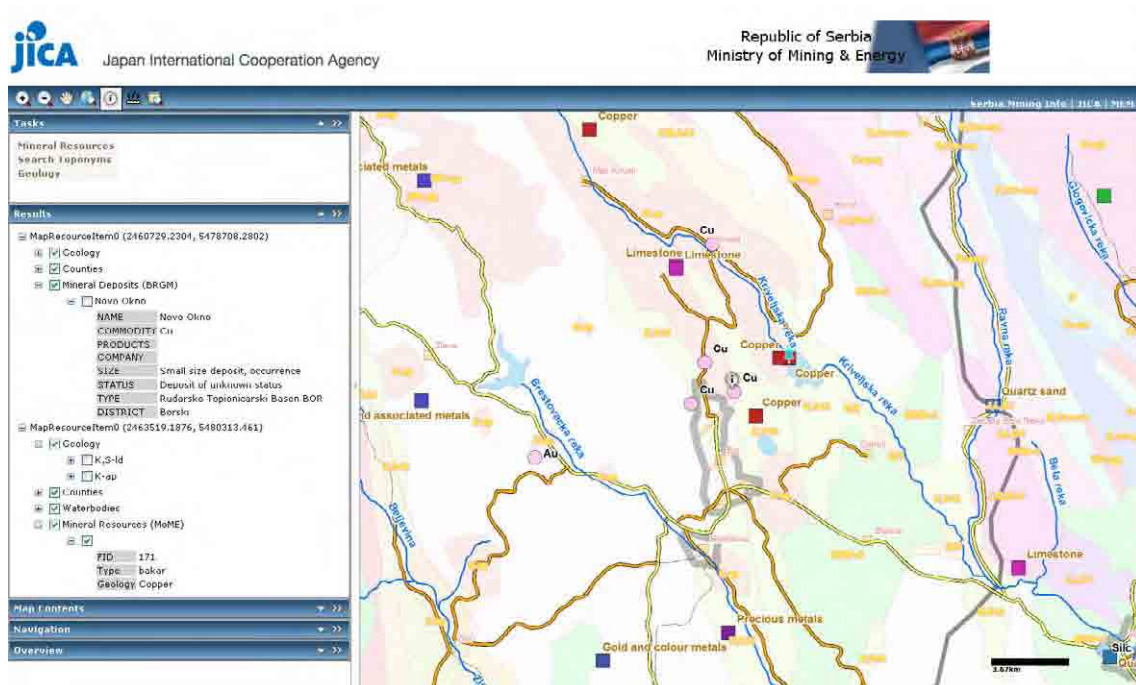


図 5.8 ウェブ GIS に格納された地質、鉱区、インフラ情報

### 5.2.3 MEM のウェブサーバー

MEM のウェブサイトは、現在、InfoSky 社のウェブサーバーに格納されている。今後、このウェブサーバーは、セルビア政府が管理する Electronic Computing Center あるいは ISP サーバーに移管される予定である。また、ウェブ GIS サーバーも現在民間に委託されている。現在、格納しているウェブ GIS のホスティングは、2008 年 2 月末までの契約となっており、その後は MEM が新規に導入を予定しているサーバーに移管する必要がある。これにより、ウェブサーバー及びウェブ GIS サーバーがセルビア政府及び MEM の管理下に入るために、より適切で迅速なセキュリティ対策が講じることが可能になる。作業期間を考慮すると、2008 年度中には MEM のウェブ GIS 用のサーバーに完全移管され、オンライ

ン化されるであろう(図 5.9)。

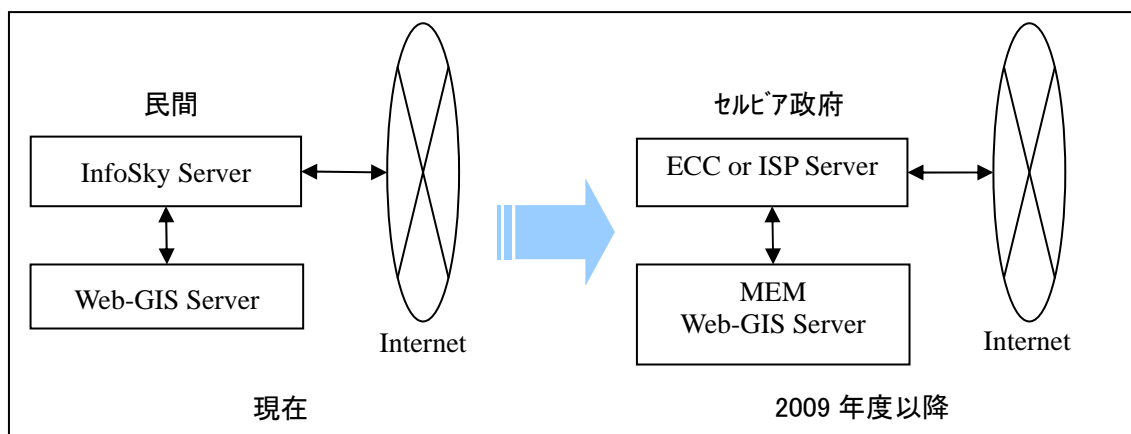


図 5.9 ウェブサーバーの現況と今後

### 5.3 環境保全省におけるデータベース構築

前科学・環境保全省(Ministry of Science and Environmental Protection : 以下 MSEP)では、地質・鉱物資源情報データの整備を行うために、以下に示す幾つかのプロジェクトを実施してきた。MSEP は、現在、環境保全省(Ministry of Environmental Protection ; 以下 MEP)と科学省(Ministry of Science ; 以下 MS)に分離したが、情報整備のためのプロジェクトは MEP へ引き継がれている。

#### 5.3.1 GEOLISS の構築プロジェクト

MEP は地質情報データベースの構築のための第 1 ステップとして、2004 年から 3 年間で 12 万 5 千ユーロを出資し、ベオグラード大学鉱山地質学部に地球科学情報データベースの構造開発(データベース構造名 : Geological Information System of Serbia, GEOLISS)を依頼し、その骨格を完成した(詳細は、<http://www.ekoserb.sr.gov.yu/>にて公開されている)。GEOLISS 開発は、ベオグラード大学、地質研究所が中心となって行われたが、MEM は参画していない。

GEOLISS 開発の目的は、地質・鉱物資源情報だけでなく、水理地質学的情報、地質工学的情報等を包含する総合的な地球科学情報データベースとする事であり、International Union of Geological Sciences (以下 IUGS)の進める国際的な標準地質データ交換プロジェクト(<https://www.seegrid.csiro.au/twiki/bin/view/CGIModel/WebHome>)の一環として行われており、そのデータベースは世界標準的な構造体系に基づいている。表 5.7 には GEOLISS の概要をまとめた。

表 5.7 GEOLISS を基本にした地球科学データベース構築の現況概要

項目	内容
目的	地質・鉱物資源情報だけでなく、水理地質学的情報、地質工学的情報等を包含する総合的な地球科学情報データベースの構築
格納データ	地質、鉱物資源、ボーリングデータ、地質工学等:有 自然災害のデータ(地すべり、土壌浸食):格納可能だが、無し

	リモセンデータ、航空写真:地質研究所は Landsat データ格納 地形、道路、河川、インフラデータ:無し 森林、自然保護区:無し 環境データ(水質、大気?):予定無し 鉱区データ:可能だが、無し 論文などのスキャンデータ:無し
現在のデータ量	地質研究所:1:50,000 地質図作成開始(Uzice, Kladovo, Zajecar, Prijepolje 地域) MEM、ベオグラード大学:基本データ(地質図2枚)
データベース構造	GEOLISS: Geological Information System of Serbia
他のデータソースとの協力は?	“Prognosis Metallogenic Geological Economic Estimation of Metallic Mineral Resources and Reserves in Serbia”プロジェクトで構築される金属・非金属鉱物資源の鉱床・鉱徴地質物資源情報は、地質研究所で統合され、最終的に GEOLISS に格納される
地図投影法・座標系	投影法: Gauss-Kruger 地理座標系: Hermannskogel old Yugoslavia
各機関の役割	MEP: 出資者、潜在的利用者 地質研究所: 利用者 ベオグラード大学: システム設計・開発、潜在的利用者
利用言語	英語、セルビア語
利用ソフト	GIS システム: ESRI ArcEditor9.2 データベース: ESRI ArcSDE DB サーバー: Microsoft SQL サーバー
情報公開サイト	<a href="http://www.ekoserb.sr.gov.yu/">http://www.ekoserb.sr.gov.yu/</a>

地質研究所では、この構造を元に 1:50,000 の地質図作成を開始した。図 5.10 は、GEOLISS の操作画面の一例であり、データ管理ツールから主題毎のデータを選択すると、関連情報がデータ閲覧ウィンドウから一覧することが可能である。

尚、その内容はベオグラード大学鉱山地質学部の GEOLISS の情報公開用サイトから、その概要を閲覧することが可能である(図 5.11)。GEOLISS のデータは、MEP、ベオグラード大学鉱山地質学部、地質研究所のサーバーにそれぞれ格納されているが、現在のところ、共通のサーバーを LAN で結んだ統一的なデータ管理をするには至っていない。

GEOLISS は、地質、鉱物資源データ、ボーリングデータをはじめ、自然災害データ(地すべり、落石)、土壌浸食なども格納可能であり、また、新規に項目を追加構築していくことも可能であり、今後のセ国の地球科学データベースの根幹となりうる内容を有している。しかしながら、セルビア国の地質・鉱山セクターの政府組織の制度上の問題から生じた以下の課題がある。

- 道路、河川など国土基本情報であるインフラデータは、軍地理研究所の所管になっているため、格納されていない
- ソフトウェアのライセンス数が充分でなく、データの格納、教育などを推進するのが困難な状況にある

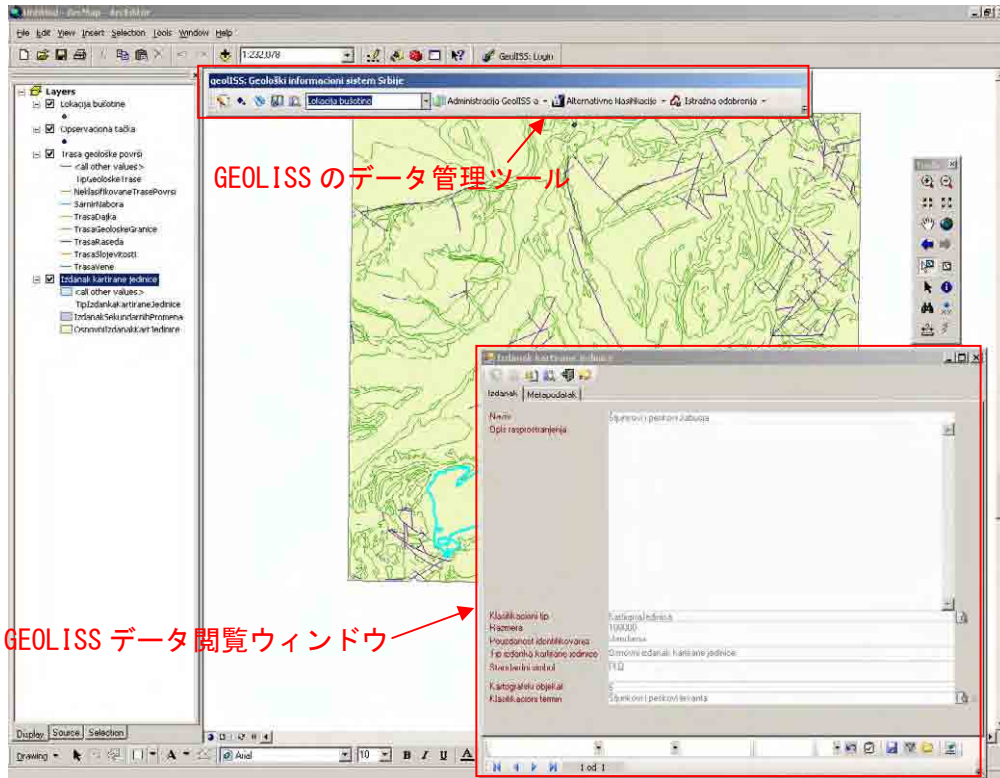


図 5.10 GEOLISS の操作画面

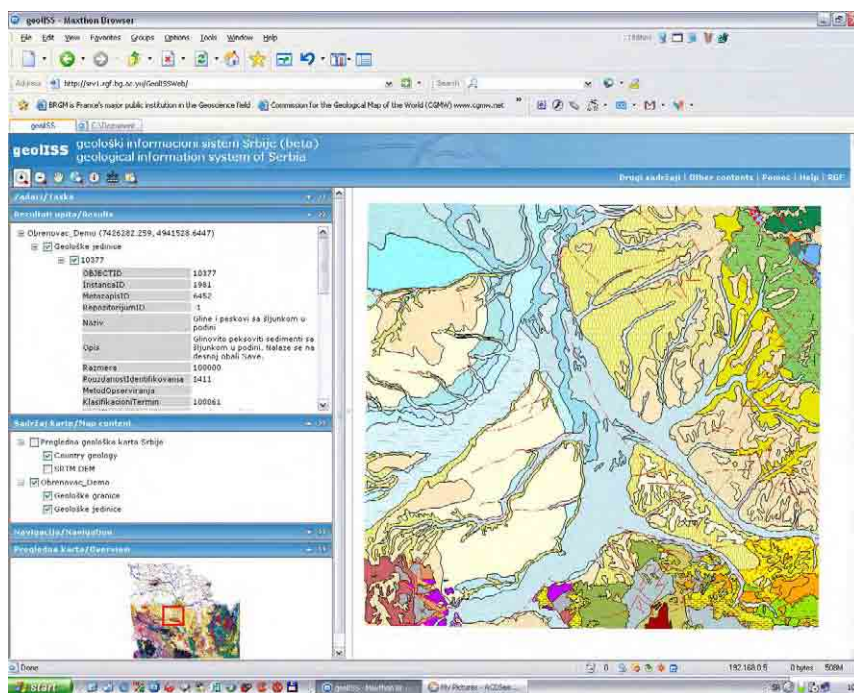


図 5.11 GEOLISS の情報公開サイト

### 5.3.2 金属及び非金属鉱物資源の経済評価プロジェクト

MSEP では、2006 年から「セルビア国の金属及び非金属鉱物資源の経済評価」プロジェクトを実施しており、2010 年まで継続される予定である。これは、金属・産業鉱物・化石



燃料に関する資源量の経済評価を行うもので、ベオグラード大学 Rade Jelenkovic 教授をリーダーとしたベオグラード大学鉱山地質学部及び地質研究所に開発を依頼している。この中で、金属・非金属鉱物資源の鉱床・鉱徴地データベースの構築(総計約 1,500 箇所)の鉱床・鉱徴地が登録され、このうち、金属：約 900、非金属約 600 箇所)が実施されている。このデータベース構築は、上記 GEOLISS の構造が採用される予定である。このデータベースの概要は、以下の通りである。

- ① 金属・非金属資源の地質探鉱状況のレビュー
- ② 鉱床の形成と鉱化作用の面から見た地質単元と地史の発達のレビューと解析
- ③ 鉱床ポテンシャル地域における鉱床生成地の定義と鉱床の生成モデルの作成
- ④ 鉱物資源量の経済的妥当性判断基準
- ⑤ 持続可能な開発及び鉱物原材料の利用のための指標策定
- ⑥ 鉱床データベースの構築
- ⑦ 地質探鉱の戦略とプログラムの作成

本プロジェクトを実施するのに、MEP の 2007 年度の特別会計予算 627 百万 Dinar のうち、地質関係は 60 百万 Dinar と 10%以下であり、このうち本プロジェクト予算は 2006 年度は 10.7 百万 Dinar であった。地質研究所による 2007 年度計画に基づく見積り額は 30 百万 Dinar 程度であるが、本年度も昨年と同額程度の予算執行になる可能性があり、大きく乖離が生じる可能性が高い。上記データベース構築関連業務は下表①～③に含まれる。

表 5.8 金属及び非金属鉱物資源の経済評価プロジェクトの予算(単位：百万 Dinar)

年度	①	②	③	④	政府予算		07 年度 計画 見積り
	金属	非金属	化石燃料	鉱物生成	本 プロジェクト	総額	
2006	2.2	4.6	0.8	3.1	10.7	55	—
2007	?	?	?	?	10-12?	60	30

本年度、本プロジェクト実施上の問題点としては、以下の点があり、仕様内容の下方修正が避けられない状況にある。

- 政府予算の不足(見積り額の 3 分の 1 程度の予算しかない)
- 契約が遅延しており、契約後の実施期間が 3 ヶ月程度とない、地質研究所の計画している業務仕様を完了することは非常に困難である
- 空間データの変換、加工などを行う IT スキルを有する技術者が不足しており、プロジェクト推進の能力向上が必要

### 5.3.3 鉱物資源の持続的開発戦略プロジェクト

このプロジェクトは欧州復興開発銀行(European Bank for Reconstruction and Development; 以下 EBRD)が 2006 年に実施したもので、広く 7 分野に渡る持続的開発戦略プロジェクト(総括責任者：Lajoc Seke 氏)のひとつで、Darijus Cobus 氏をプロジェクト責任者にして、金属、非金属、化石燃料に関する鉱床、鉱徴地のレビューをしたもので、現

在のセ国の鉱床・鉱徴地の最も正確なレビューとされている。このプロジェクトは、ベオグラード大学鉱山地質学部、MSEP、MEM の協力のもとで行われた。現在、最終のコンパイルが行われている段階である。

以上のプロジェクトは、セ国の地質・鉱物資源情報データを整理、統合するための基盤をなすプロジェクトであり、MEM においても今後の展開に注目し、協力関係を構築しておく必要がある。

#### 5.4 地質研究所による地質図及び関連地図

地質研究所では、セ国の地質図、水理地質図などの作成を実施している。紙ベースの地質図作成状況を表 5.9 にまとめる。

地質研究所はセ国で最初に GIS 利用を始めた機関のひとつであり、GIS の利用技術は高い。現在、上述の紙ベースの地質図に地質調査を加えて、GIS データを構築しているが、資金不足などの理由で地質図の GIS 化の進捗は遅く、MEM からも不満の声が上がっているのが現況である。地質研究所での地質 GIS データベース構築の現況を以下にまとめる。

- 鉱床生成図については縮尺 1:100,000 で 2 地域について GIS データを作成した。また、この内 1 地域については、1:25,000 のものを作成した。
- 1:50,000 地質図 4 枚が、上述の GEOLISS データベースの構造を基に GIS データベース化が行われている(地図名 : Uzice 528-4, Kladovo 434-3, Zajecar 533-1, Prijepolje 578-1)。
- 1:300,000 地質図 11 枚が同様に GIS 化の作業中である。
- セ国全土を網羅する小縮尺の地質図の GIS 化はまったく実施されていない。

表 5.9 地質研究所の紙ベース地質関連図作成状況

地図	縮尺	現況
地質図	1:50,000	セ国をカバーする 189 シート中 2 シート完成 : Timocka eruptivna oblast (北東部; Bor 地区)及び Surdulicki granodioritski masiv (南東部)
		Prijepolje 578-2 出版中 (モンテネグロとの国境付近)
		Valjevo 478-4, Zvornik 477-2, Sabac 428-4 作業中(北西部)
	1:100,000	65 シート(セ国全土含む)
	1:500,000	6 シート(旧ユーゴスラビア全域含む)
	1:2,000,000	14 シート完成(9 シート出版)
鉱床図	1:200,000	作業中(出版用は無し)
環境地質図	1:2,000,000	完成
水理地質図 及び温泉図	1:500,000	水理地質図と地熱図:それぞれ 6 シートからなる
磁気異常図	1:500,000	内部資料
重力異常図	1:500,000	内部資料

## 5.5 軍地理研究所による地形図

セ国の地形図は、防衛省傘下の MGI において作製されている。コソボを含むセ国全土を含む各種縮尺の地図リストを表 5.10 にまとめる。また、GIS データ化の整備状況についても示す。

従来、セ国の地形図は地方測地系が利用されてきたが、25 万分の 1 の地形図をパイロットプロジェクトとして世界測地系(WGS84)への移行を始めている。セ国の測地測量は、GPS 測量が採用されており、GPS 一等基準点は 28 箇所、二等基準点は 900 箇所存在する。

他省庁や一般の地形図利用の需要は大きい、現法による制約のため、その入手や利用範囲には厳しい制限が設けられている。鉱業振興の観点からは、より自由度の高い利用が可能になる法改革が必要である。

表 5.10 地形図整備状況と GIS 化の現況

縮尺	地図名称	枚数	投影法	楕円体	GIS 化の整備状況
1/25,000	TK25/III	732	GK <sup>1</sup>	BS <sup>4</sup>	これをベースに 2005 年にセルビア国全土の 25mメッシュの DEM を完成した。他のデータの GIS 化は現在進行中である。
1/50,000	TK50/II	203	GK <sup>1</sup>	BS <sup>4</sup>	セ国全土を含む河川 GIS データセットの他はラスターデータのみ
	KVO50	201	GK <sup>1</sup>	BS <sup>4</sup>	主題図(地表水関連)
1/100,000	TK100/II	61	GK <sup>1</sup>	BS <sup>4</sup>	ラスターデータのみ
1/200,000	TK200/II	22	GK <sup>1</sup>	BS <sup>4</sup>	ラスターデータのみ
	VVK200	22	GK <sup>1</sup>	BS <sup>4</sup>	空軍のナビゲーションマップ <sup>°</sup>
1/250,000	TK250	14	UTM <sup>2</sup>	WGS84	GIS 化中(2シート完成),2007 年中に完成予定
	VVK250	14	UTM <sup>2</sup>	WGS84	空軍のナビゲーションマップ(2007 年中に完成予定)
	VVK250	14	UTM <sup>2</sup>	WGS84	空軍のナビゲーションマップ(2008 年完成予定)
1/300,000	PTK300	13	GK <sup>1</sup>	BS <sup>4</sup>	GIS データベース化終了(14レイヤー、69 サブレイヤー)
	RK300	13	GK <sup>1</sup>	BS <sup>4</sup>	レリーフマップ(3D)
1/500,000	PTK500	2	LCC <sup>3</sup>	BS <sup>4</sup>	ラスターデータのみ
	VVK500	4	LCC <sup>3</sup>	BS <sup>4</sup>	ラスター地図、空軍のナビゲーションマップ <sup>°</sup>
	SK500	2	LCC <sup>3</sup>	BS <sup>4</sup>	道路地図
	RK500	2	LCC <sup>3</sup>	BS <sup>4</sup>	レリーフマップ(3D)
1/1,000,000	OGK1000	1	LCC <sup>3</sup>	BS <sup>4</sup>	GIS データ整備済(本研究最初 GIS 化)
1/1,500,000	GK1500	1	Polikonusna	BS <sup>4</sup>	地質図
	RK1500	1	Polikonusna	BS <sup>4</sup>	レリーフマップ(3D)

<sup>1</sup> GK: ガウス-クリューゲル図法 <sup>2</sup> UTM: ユニバーサル横メルカトル座標系 <sup>3</sup> LCC: ランベルト正角円錐図法 <sup>4</sup> BS: ベッセル 1841

## 5.6 Bor における IT 技術の利用調査

### 5.6.1 銅研究所

#### (1) 概要

- 銅研究所は、鉱業関連部門としては、地質部、鉱山部、冶金部、化学制御部からなる。この他に、情報システム部と工業情報部があり、研究所内部の IT 支援や、一般向けのデータベース・コンサルティング、ネットワーク構築デザイン、トレーニングなども実施している。
- 現在、研究所の本館には約 200 名の人員がいる。
- 工業情報部は現在 5 名である。
- 研究所には、大卒レベルのプログラマーとシステムデザイナー含めて 14 名在籍
- 物理探査は行っていないし、物理探査技術者も居ない

#### (2) IT 関連技術の利用現況

銅研究所における IT 関連技術の利用現況について表 5.11 にまとめた。

表 5.11 銅研究所における IT 関連利用の現況

項目	IT 利用の現況	問題点/トレーニング/計画
LAN/ 鉱山施設制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 箇所の生産プラントと本社ビルの間は 2-3 Mbps の速度の LAN で接続。個々のプラント内も LAN があり、IDCS と呼ばれる工業分散制御システムを自主開発した。このシステムは、最重要生産サイトを制御し、様々な鉱石処理パラメータ(温度、圧力、フローなど)をモニタリング可能。</li> <li>2003 年に大気と水質汚染のモニタリングシステムが Bor 市に 3 箇所設置された(2 箇所は UNEP、1 箇所は MEM の支援)。大気観測データは製錬活動と環境汚染との関連性を評価するため、冶金の処理パラメータと共にチェックされている。水質モニタリングは自動化されておらず、手動観測を継続中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産プラントのモニタリングや制御システム構築は、予算不足によりモテムなどのデバイスは以前利用していたアナログ式のものを利用し、研究所内でシステムデザイン、プログラミングを行って、自主開発した。しかし、今後拡張が困難な状況</li> </ul>
インターネット	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究所の所内 LAN は 128 kbps の速度の専用回線で、インターネットに接続</li> </ul>	-
鉱量計算 最適化 鉱山計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉱山管理ソフト <i>GEMCOM</i> 社製 <i>Surpac</i> は、ブロックモデル構築、鉱量計算などに利用中</li> <li>1997 年に初めて導入し、2007 年 5 月に最新バージョン 6.1 にバージョンアップ</li> <li><i>Surpac</i> が 2 セットあり、鉱山部、地質部に各々 1 セット設置されている。<i>Surpac</i> のオペレータは、鉱山部に 3 名、地質部に 2 名、マーケティング・エンジニアリング部に 2 名</li> <li>2 次元の地質データベース管理システムとして、<i>GDM</i> (BRGM 製) も使用中</li> <li>地質部ではホーリングデータや地質情報を元に <i>Surpac</i> を利用してブロック・モデルの構築</li> <li>最適化鉱山計画のために <i>GEMCOM Whittle</i> も利用、堆積性鉱床(特に石炭)用には“<i>GEMCOM Minex</i>”も利用中</li> <li><i>GEMCOM</i> のシステムは <i>Microsoft Access</i> や <i>SQL databases</i> にリンク可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究所は、セ国の <i>GEMCOM</i> の販売代理店になれる可能性がある</li> <li>研究所は、研究所所員だけでなく、RTB Bor やセ国全土の他の機関に対しても <i>GEMCOM</i> のトレーニングを実施中</li> </ul>
地質マッピング	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質部による地質調査に基づく地質図や地質断面は <i>AutoCAD 2006</i> によって作成し(技術者 5 名、技師 1 名)、データは <i>Surpac</i> に格納し、</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質研究所からスキャンされた基本地質図が提供されているため、これを主に利用しているため、地表地質図作成業務は</li> </ul>



	ブロックモデルを作成 <ul style="list-style-type: none"> <li>基本地質図は、地質研究所提供の 1 万分の 1、5 万分の 1 の紙ベースの地質図、スキャンされた 10 万分の 1 地質図を利用</li> <li>地質部門では GIS 利用の必要性は感じているが、今のところ導入予定なし</li> </ul>	多くない <ul style="list-style-type: none"> <li>地質部では、GPS が 1 台しかなく、台数を増やしたい</li> </ul>
データベース	<ul style="list-style-type: none"> <li>財務管理・報告書作成のために Oracle が利用されている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究所は、セ国の Oracle と Microsoft 製品の正規販売機関</li> </ul>
パソコン	<ul style="list-style-type: none"> <li>OS: Windows (UNIX は利用していたが、現在は殆ど未利用)</li> <li>研究所内の 150 台以上のパソコンのインストール、メンテナンスを情報システム部の 6 名の部員が実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>パソコンのバージョンアップが必要</li> </ul>
周辺装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>情報システム部に A3 版のインクジェット・カラー・プリンターが 1 台</li> <li>A0 版のプロッター: 機械・電気・建設部、マーケティング・エンジニアリング部に各々 1 台</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質部では、A0 版スキャ尚必要としており、数ヶ月以内に導入予定</li> </ul>

### (3) 評価及び課題

- 銅研究所の IT 利用は、予算不足に関わらず、所員の努力によって、続けられてきた
- 自主開発した IDCS は、現在 BOR 銅鉱山に移管され、制御・監視に利用されている
- 鉱山及び廃屋ダム周辺の環境モニタリングのための情報管理に GIS を導入し、データベース化を進める必要がある
- 基本的な情報ネットワークは整備され、メンテナンスも適切に行われている
- 鉱山管理システムは BOR だけでなく、セ国内の他の鉱山へのサービス提供など幅広く実施しており、技術レベルは高い
- 地質マッピングと鉱山管理を一体化し、効率的に、探査、評価、採鉱を進めるためのシステム構築を検討すべきである
- パソコンや GPS など基本的なツールの継続的な補充、更新が必要
- データベースのシステム開発、利用能力は高く、貢献度が高い
- IT 部門は鉱山だけでなく、他の業種に対しても情報技術分野のビジネス展開が可能
- 情報技術の分野で、適切に BOR 銅鉱山を指導している

## 5.6.2 Bor 銅鉱山

### (1) 概要

- RTB Bor は以下の 3 つの関連企業から構成されている
  - Bor 銅鉱山(RBB) : Bor 市
  - Majdanpek 銅鉱山(RBM) : Majdanpek 市 (Bor の北約 80 km)
  - 銅精錬所(TIR) : Bor 市
- RBB のウェブサイト (<http://www.rbb.co.yu/>) は現在、RBB 所内の新しいサーバーに移管中のため停止中である。データ移管作業は、データ自動化部門が実施
- 現況では、RBB における最優先課題は、鉱山開発用機材の導入であり、ソフトウェアやパソコンの更新は、優先順位が低く、実施が遅れている

### (2) IT 関連技術の利用現況

RTB Bor、銅研究所及び関係機関における情報ネットワーク網を図.5.12 に示す。

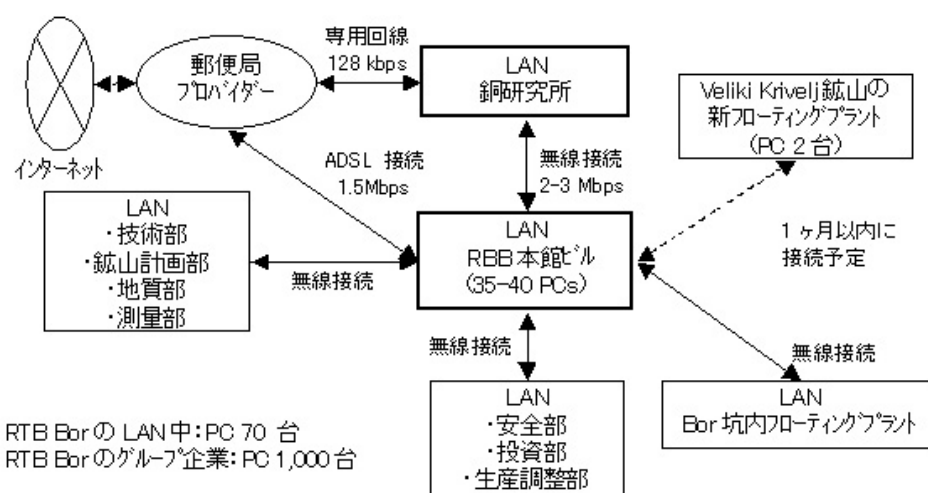


図 5.12 RBB 及び関連会社、銅研究所のネットワーク接続(2007 年 10 月現在)

表 5.12 Bor 銅鉱山における IT 関連利用の現況

項目	IT 利用の現況	問題点/トレーニング/計画
鉱量計算 最適化 鉱山計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉱山管理ソフト <i>GEMCOM</i> 社製 <i>Surpac</i> (ver.1.0) は、ホーリングデータ、地質モデル、ブロックモデルを元に短期開発戦略の計画立案に利用(長期開発戦略は銅研究所)</li> <li><i>Surpac</i> のオペレータは現在1名</li> <li>ブロックモデル: 15m x 15m x 15m (重機サイズによる), 47レベル x 250行 x 150列</li> <li>このブロックモデルは、約 90,000 個のホーリングデータと3レベルの地下坑道からのデータをもとに構築</li> <li>ブロックモデルによる推定品位は実際のホーリング結果との比較を行い、概ね±5%の精度で整合</li> <li>最適鉱山計画には、<i>GEMCOM Whittle</i> を利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バージョンアップ: RTB Bor と銅研究所は <i>Surpac ver.1</i> を導入も、その後 RTB Bor では予算不足によりバージョンアップ未実施</li> <li>トレーニング: <i>Surpac</i> のトレーニングを測量技師 2名、地質技師 2-3名、鉱山技師 2-3名に実施要望</li> <li>モデルの更新: <i>Surpac</i> のオペレータ不足によって Bor 鉱山のブロックモデルの更新は2年間ほど停滞</li> <li>新規のブロックモデル構築: 現在、Borska Reka 鉱床、Cerovo 鉱床(Bor 鉱山から 20km)について進められている</li> </ul>
地質マッピング	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質図は野外調査データで得られた手書きのもの、<i>Surpac</i> の結果を比較</li> <li><i>GEMCOM</i> の地質マッピング用ツールがあるが、オペレータがいない</li> <li>今のところ、地質マッピングのための GIS の導入要請なし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GIS の知識・理解不足やマッピングツールのオペレータがいないため、地質マッピングは手書きで行われてきている</li> </ul>
鉱山施設制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉱山施設制御は RBB と銅研究所が開発したものを利用</li> </ul>	-
測量	<ul style="list-style-type: none"> <li>トータルステーションを利用中で、データは PC にダウンロード、スキャンした地図上にプロット</li> <li>GPS 測量は必要に応じて行っているが、専門業者に依頼</li> <li>測量データ管理・図化は <i>AutoCAD</i> を利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測量データのデジタル化から <i>Surpac</i> へのデータ格納の流れは、確立</li> </ul>
データベース	<ul style="list-style-type: none"> <li>全ての生産プラントの管理、スペアパーツ、消耗品の管理、会計などに <i>Oracle</i> を利用</li> </ul>	-
周辺装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在、周辺機器は整備されているが、デジタルサイナーの導入が必要との事</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>将来の利用方法を考慮すると、大型のスクナーの導入が適当</li> <li>周辺機器のニーズがないのは、<i>Surpac</i> などのオペレータが少ないためである</li> </ul>

### (3) 評価及び問題点

- 各鉱床でのブロックモデル構築は順次行われており、有効利用されている(図 5.12)
- IT 関連機器やソフトの導入は、現状では優先度が低いですが、鉱山の最重要データを管理、運用している鉱山管理ソフトの更新は、早急に行う必要がある
- RBB での IT 技術は、銅研究所の支援に負う所が大きい
- 地質データのデジタル化も順次進め、鉱山管理システムへ格納し、統合的データ管理を進めるべきである
- 社内の鉱山管理ソフトのオペレータを早急に育成または雇用する必要がある
- 周辺装置の導入は、将来の利用方針を充分検討したうえで、実施することが重要

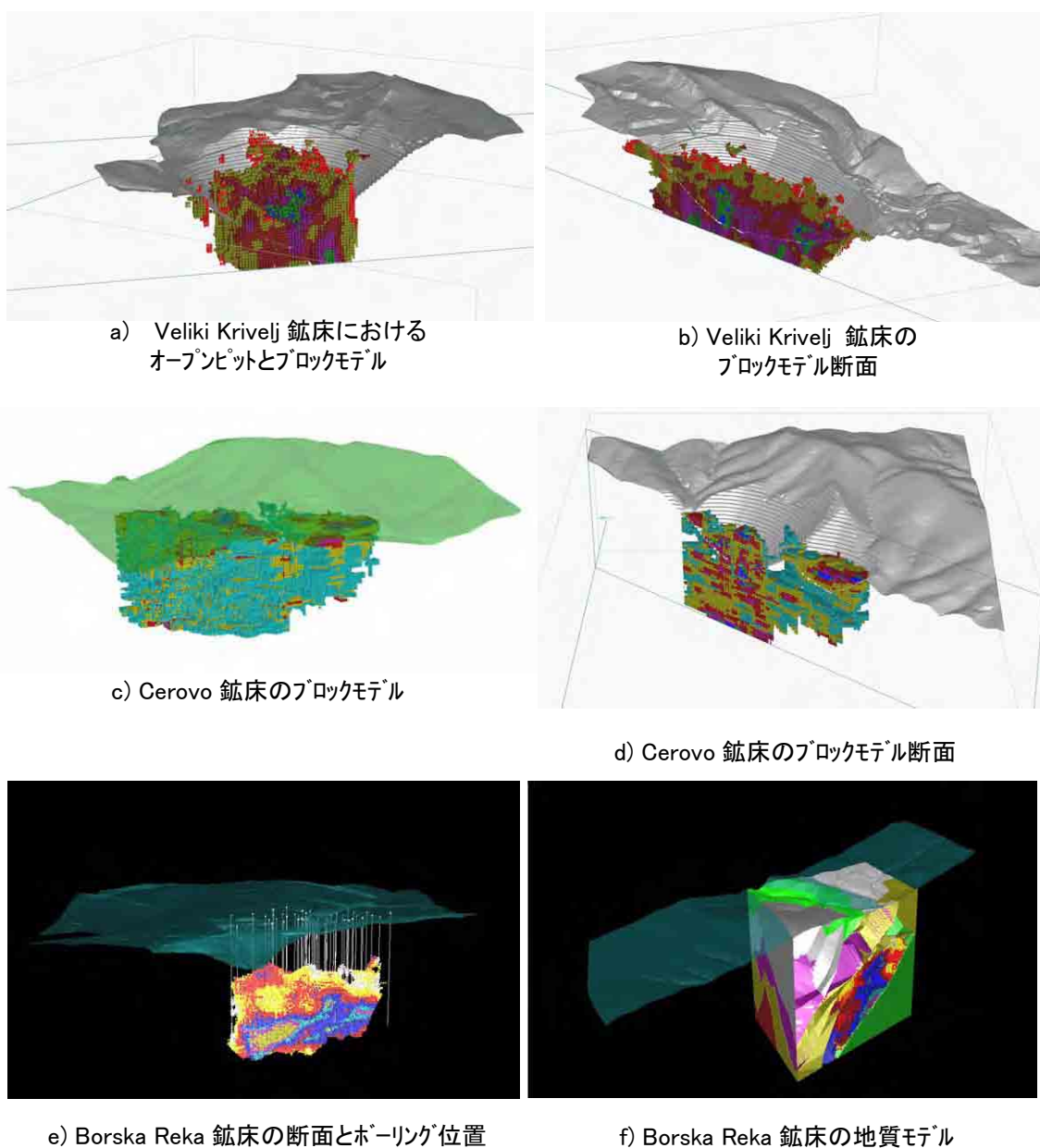


図 5.13 RBB での 3D モデリング

## 5.7 地震研究所

鉱業活動を実施する上で、自然災害情報やリスクの把握は、製品の輸送ルートの確保などの点で重要である。特に地震災害リスクや地すべり地域などの情報管理について、地震研究所において調査した。

セ国の地震研究所の使命は、①自然地震観測を実施しセ国の地震活動度を把握すること、②地震活動状況や過去の地震発生に基づいて、地震発生リスクマップを作成することである。現在、18名のスタッフで、年間2,500万Dinarの予算及びJICA、NATO等の国際支援を受けて運営されている。2006年からセ国に発生するマグニチュード1.5以上の地震について検知能力を有するようになった。また、震源分布はArcView、MapInfoなどのGISソフトによって管理している。地震発生リスクマップについては最大震度予測図という形でウェブから公開(<http://www.seismo.sr.gov.yu/>)されている。これは、過去の地震履歴や土壌などを考慮しており、今後数100年後に発生する可能性のある最大震度を12段階のメルカリ震度階級で分類している。但し、現在のところ活断層の調査は実施されておらず、本地域の広域テクトニクスは考慮されていない。

地すべり被害については、セルビア国内で数多くの発生が報告されているものの、データ管理は行われておらず、今後の課題である。

## 5.8 MEMのGISデータベースの構築

MEMの担当者との討論を通じ、現況のMEM鉱区関連データベースに以下のデータを追加することを合意した。

- 鉱区管理の基本情報であり、海外投資家へ基本情報としてウェブへの展開が必要と判断した地質データ、地質図インデックスマップ、最新の保護地区・規制区域の空間データについて、これらをGISデータ化して、現システムに追加した。
- 地質データに関しては、セルビア全土を網羅する1:500,000地質図6枚を地質研究所から提供を受け、スキャニングして、shapeファイルを作成した。MEMにおいてshapeファイルに対して地質単元の属性付加を行った(図5.14)。
- 地形図・地質図のインデックスマップについては、縮尺1:25,000、1:50,000、1:100,000の3種について地質研究所及び軍地理研究所からデータを提供され、これについてもMEMにおいてシェープファイルの作成、属性付加を行った。
- 保護地区・規制地区情報については、環境研究所(Environment Institute)から紙地図を提供され、国立公園、自然保護地区、規制予定地区などの1000ヘクタール以上の地域について、GIS化された。



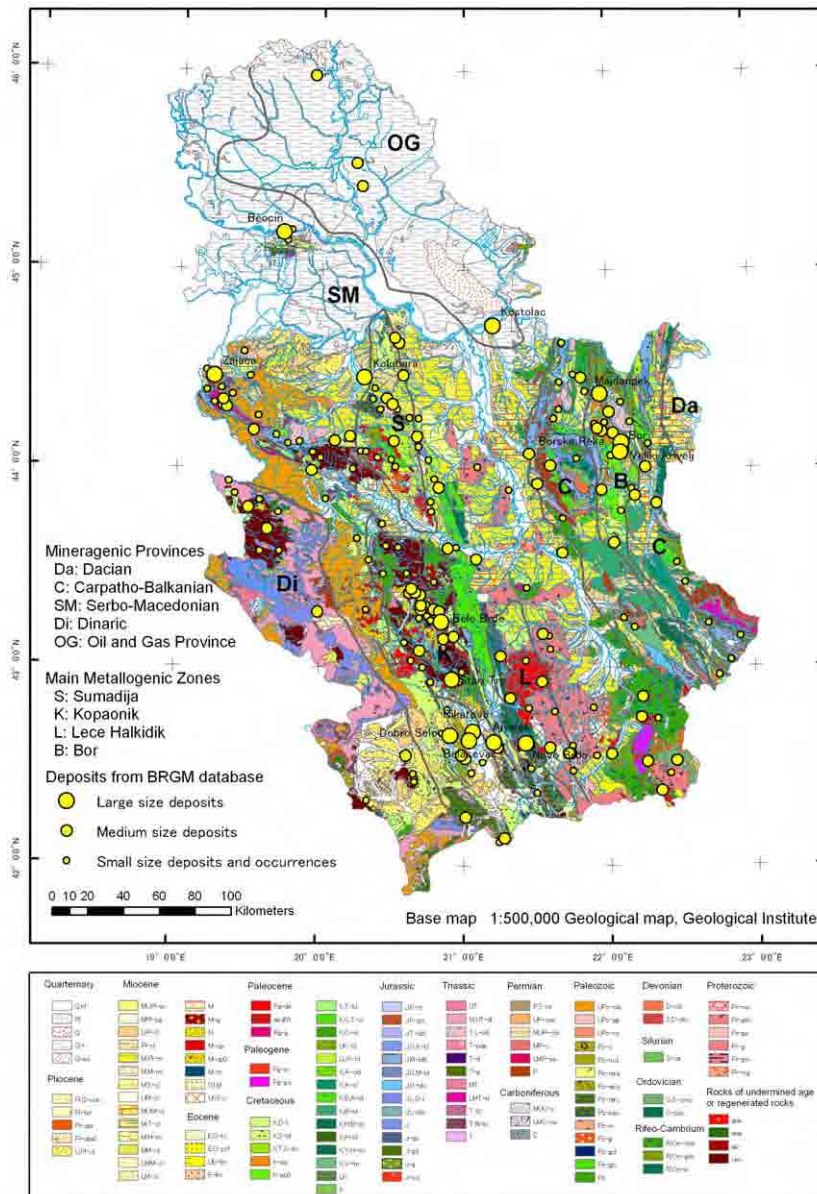


図 5.14  
 GIS データベース用地質情報  
 と BRGM データベースに格納  
 されている鉱床

### 5.9 現地委託及びリース

ウェブ開発のうち、特にウェブ GIS の開発については現地委託を実施した。また、PC 及び関連機器は表 5.13 に示す機器のリースを開始した。ここで、当初予定していた大型プリンター及びスキャナーについては、MEM 側の要望を精査した。プリンターについては A1 サイズとし、スキャナーについては MEM に保管されている数万ページに及ぶ大量の鉱区申請書類のデジタル化を進めるためにオートフィーダのついた A3 サイズのものとした。その結果、毎分 20 ページ程度の極めて高速のスキャニング作業が可能となり、将来の鉱区関連書類のデータベース化につながる事が可能になってきた。GIS ソフトウェア・リースについても MEM 側と協議して実施した(表 5.14)。

表 5.13 PC 及び関連機器

	機器名	仕様	数量
1	デスクトップ PC	Desktop PC CPU: Core2Duo E6320 1.86GHz, RAM: 2GB, HDD: 400GB, Graphic Card: 512MB, DVD-R/RW, Wireless mouse, Display: LCD 21"(ViewSonic) with DVI (Digital Video Interface), OS: Windows-XP	1
2	ラップトップ PC-1	TOSHIBA Tecra A8-104 Laptop PC, display: 15.4", CPU: Core2Duo T7200 2GHz, Memory: 2GB, HDD:120GB, DVD-RW, OS: Windows-XP	1
3	ラップトップ PC-2	TOSHIBA Satellite P200-10C Laptop PC, display: 17", CPU: Core2Duo T7200 2GHz, Memory: 2GB, HDD:250GB, DVD-RW, OS: Windows-XP	1
4	A3 プリンター	HP Business Ink Jet 2800 Powerful A3+ Color printer, size: A3, 24ppm, 4800dpi, 150 sheet Input Tray	1
5	A1 プリンター	HP Designjet 130 Color printer, 2400 x 120dpi, size: A1	1
6	A3 スキャナー	EPSON A3 AKENER GT 15000 + ADF Scanner with feeder, size: A3-A5, Duplex/Simplex, ADF only, Load & Eject Capacity 100 sheets, Ultra SCSI+USB	1

表 5.14 GIS ソフトウェア

	ソフトウェア名	内容	数量
1	GIS コアシステム ESRI ArcEditor 9.2	GIS の基本ソフトウェア ArcView に編集機能を強化したもの	1
2	拡張ソフト: Spatial Analyst	空間処理用のツール	1
3	拡張ソフト: 3D Analyst	3次元表示の可能なツール	1
4	拡張ソフト: Geostatistical Analyst	地球統計学的処理可能なツール	1

## 5.10 技術移転項目

地質図やインデックスマップの GIS 化においては、データベースの属性付加について指導した。また、今後の技術移転項目の抽出については、作業進捗を確認しながら検討することとした。

MEM のウェブサイトの構築について、MEM のウェブ担当者に対して、鉱業関連の政府機関として情報公開が必要な項目や適切なファイル形式などについて指導した。

## 5.11 戦略的データベース構築

将来の地質・鉱物資源情報管理について現況の政府組織をベースに検討する。

### 5.11.1 エネルギー・鉱山省・地質部(MEM - DMG)

#### (1) 鉱区管理システム

MEM の業務内容は、鉱区申請の処理・管理が中心となる。従って、将来的な GIS データベース利用形態としては、鉱区管理システムへと特化させていく必要がある。MEM では、CISGEM プロジェクトの拡張版として、鉱区管理システムのデータベース構造の検討・設計を現地コンサルタントへ発注し、プロトタイプが開発されている(図 5.15)。これをコア・システムとして、現在の紙ベースの申請書類による情報管理から、より迅速で正確な、本格

的鉱区管理システムに拡張して行くことが重要である。

一方、新鉱業法の下で、鉱業庁が設立され、今後、情報管理の面でも MEM との業務分担と情報共有化を図るためのグラウンド・デザインが必要となる。

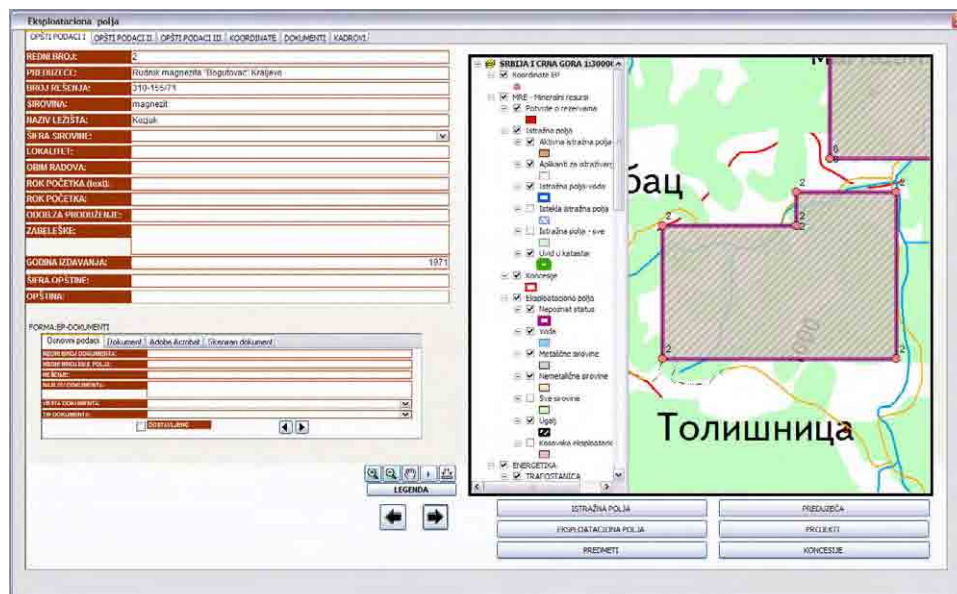


図5.15 鉱区管理システムのパイロットプロジェクト

## (2) 過去の鉱区情報の管理について

MEM では、2001 年に Microsoft 社製データベースソフト Access が導入されて以降、セ国の鉱区管理情報は徐々に整備されてきた。現在、1997 年以降の鉱区管理データについては、テキスト情報及び鉱区の位置情報が GIS データ(ポリゴン)として管理されている。しかし、セ国の鉱業活動の管理が始まった 1960 年～1997 年の期間の鉱区情報は、中央アーカイブセンター(Central Archives in Republic of Serbia)に文書及び地図が、統一されたファイル参照番号とともに、600 件以上格納されているものの、デジタル化されていない状態にある。こうした過去のデータは、将来鉱山開発が行われた場合に、過去の周辺地域の探鉱・開発活動の内容が管理されれば、重要な既存情報が提供可能になり、鉱業活動がより促進されたため、一刻も早い整備が必要である。このデータ整備の遅れの原因は、MEM-DMG の人員不足にあり、現在の MEM スタッフが日常業務の傍らで進めるには、あまりにも作業量が大きすぎ、デジタル化への道は遠い将来の話になってしまう。

この問題に対しては、例えば JICA の専門家派遣やミニ・プロジェクトの形で、支援していく事は重要である。この場合、JICA のデータベース専門家 2 名程度とセ国の鉱業活動に専門的知識余裕する現地コンサルタントを加えて、テキストデータ化、文書スキャニング、GIS データ化などを、1 年程度の期間で実施することが可能である。

### 5.11.2 環境保全省・地質研究所・ベオグラード大学

MEPでは地質研究所、ベオグラード大学とともに地質・鉱物資源データベースの構築(GEOLISS)、この構造に準じたGISベースの地質図作成を進めており、それは、今後の

GEOLISSの改定とともに、セ国の地球情報データの基幹システムのひとつとなるであろう。更に、MEPにおける水質モニタリングデータ管理を行っており、将来的には環境の情報開示のために情報提供が行われるべきである。

### 5.11.3 軍地理研究所

現在は、測地測量・地形図作成などは軍地理研究所が管理しており、一般への利用はもとより、政府機関においても利用制限が課せられたりしており、公共財産としての位置付けには至っていない。特に、地質・鉱物資源情報データベースに必須の地形、道路、水系などのデータが欠落した現況は、地球科学データベースの構築ばかりでなく、鉱業基本情報の提供という点においても、改善すべきである。



## 第 6 章 環境配慮

### 6.1 環境関連法令

環境保護を目的とした法令には次の 4 つの環境基本法令の他に、関連する法令は 100 以上も存在すると言われている。

1. 環境保護法(Law of Environmental Protection)
2. 戦略的環境影響評価法(Law on Strategic Environmental Impact assessment)
3. 環境影響評価法(Law on Environmental Impact Assessment)
4. 環境コントロール法(Law on Integrated Environmental Pollution Prevention and Control-IPPC)

上記 4 法は EC の環境基本法に則った法体系を取っている。これらの法令はセ国が EC 加盟国との協調や EC 加盟に向かう際にスムーズに参加できるための準備として、法構造的に EC 基準に合わせている。

環境に関連する法令をグループ分けすると、次のようなグループ分けが可能と考える。主要な法令を巻末資料 A に挙げる。

#### 6.1.1 環境基本法令

##### a) 環境保護法

環境保護法は、環境保護に関する基本法で他の 3 法をも規定している。規定項目も環境汚染防止(大気、水、土壌、騒音、振動)や廃棄物管理、放射線・化学物質管理のみならず、天然資源の持続可能な開発促進、生物多様性の維持等やオゾン層保護規定等広範囲にわたる。また、住民参加制度の採用等も明確に規定されている。リスク管理方法として総合的自主的管理を謳っており、最適利用可能な技術(BAT : Best Available Technology)を採用することで環境に対する影響を最小化しようとする考え方が明確である。環境基準や排出基準は政府が規定することも明示されているが、本法にはその規制値は明快ではなく、個々の規則による。

##### b) 戦略的環境影響評価法

戦略的環境影響評価法は、持続可能な開発と環境保護(天然資源、景観文化財、生物多様性等の保護を含む)を両立させるため、プロジェクトが環境に及ぼす悪影響等を事前に予測評価し、悪影響を予防抑制し、同時に他分野との整合性を保持しようとする法である。戦略的環境影響評価を実施しなければならないプロジェクトは、空間計画、都市計画又は土地利用計画と農業、林業、水産業、狩猟、エネルギー、工業、輸送、廃棄物管理、水管理、電気通信、観光、野生生物と生息環境保護の分野の計画、プログラム及びその分野別マスタープランであり、本調査である鉱業分野のマスタープランは該当しない。このことはエネルギー鉱業省及び環境保護省にも確認した。

戦略的環境影響評価を実際に実施し報告書を作成する者は、それぞれの戦略査定要素分析に関する資格を持つ人々で構成された専門家集団で登記簿に登録された法人又は自然人

と明記されており、報告書作成責任者は適切な大学学位と特定分野における 5 年以上の業務経験を持つ専門家で、既に 2 件の環境影響評価業務に参加したものと規定されている。即ち管轄当局であっても、資格該当者がいなければ第三者の登録業者に委託しなければならない規定になっている。戦略査定手続きやその報告書の内容や評価基準も細かく規定されている。また、本法も住民参加制度の採用を明確に規定している。

#### c) 環境影響評価法

環境影響評価法は、環境に対し重大な影響を及ぼすプロジェクトに対する環境影響評価手続きに関する規定を定めている。即ち、環境影響評価研究の内容、モニタリング方法、公衆の参加、周辺国との越境の可能性のあるプロジェクトの情報交換等について規定している。

環境影響評価の実施は、天然資源保護区域及び文化財保護区域内で計画されている全てのプロジェクト、産業、鉱業、エネルギー生産、運輸、観光、農業、林業、水管理、廃棄物処理及び共用サービス分野のプロジェクトに義務づけられ、各段階(プロジェクト計画時、プロジェクト実施時、技術の変更、再建、能力拡張、操業の終了及び環境に重大な影響を与え得るプロジェクトの撤廃の際)に実施される。鉱業では探査段階から評価実施対象となっている。

環境影響評価の対象には、上記の義務となる対象以外に環境保護省がその必要を認めたプロジェクトを指定できることになっている。法令に従えば、プロジェクト開発者がその判断を環境保護省に仰ぐ形式になっており、プロジェクト開発者が環境影響評価を実施するのか否かを事前に判断することは困難な規定になっている等の問題点もある。

また、環境影響評価の実施を外注に出すこともでき、その際には登記簿に登録された法人又は自然人で適切な資格を持つ人々で構成された専門家集団であることと規定されている。環境影響評価報告書の評価、承認手続きは外部の専門家を加えた技術委員会を設けて実施することになっている。また、本法でも住民や地方自治体にも意見を表明させなければならない。

#### d) 環境コントロール法

環境コントロール法は具体的な環境規制法であり、EC 内で IPPC と呼ばれるものである。IPPC は規制対象法人が環境に及ぼす恐れのある物質をどのように処理してどの程度のものをどのくらい環境に放出するのかをデータと共に審査機関に提出し、そこでの審査を受け、認可したものだけに操業を認める方式であり、具体的な排出基準はその審査に当たって決められる性格のようである。また、認可されても期限付きであり、その期間に 2 度レビューされる。また、認可された条件は登録され、且つ情報公開される。

### 6.1.2 環境保護の実規制法令

水質関係では水法、水域分類法、水域中の有害物質に関する規則、騒音関係では許容騒音レベルに関する規則、廃棄物関係では廃棄物取扱法等がある。

これらの法令で環境基準等が定められている。

但し、水法に該当する大気関係の法令(大気法)は現在法令を作成中とのことで、この法令が成立施行されると本法によって一元的に大気質が規制されると聞いている。

### 6.1.3 モニタリングに関連する法規

モニタリングに関連する法規にはモニタリング組織に関するものと測定項目や測定方法等のデータ収集に関するものとに分かれる。

前者には全土に亘る気象測候所ネットワークと事業計画の決定規則、排出と環境測定の実施専門組織が具備しなければならない条件に関する規則、2004、2005年の大気管理計画の設定に関する規則等がある。

後者には、制限値、排出測定法、試料採取点設置評価及びデータ収集に関する規則、測定とデータに関する排出制限値、方法及び時間枠に関する規則等がある。

これらの法令から環境モニタリングを実施する機関として、登録された水文気象研究所、共和国衛生研究所等が実施する。測定方法もかなり細部に至るまで細かに規定がなされており、測定データの信頼性確保にも留意している。詳細は次節で述べる。

### 6.1.4 他の業種別基本法規

各産業分野における基本法規で、例えば鉱業関係では地質調査法と鉱業法、工業関係ではエネルギー法、農業や林業関係では農地法、森林法、観光関係では観光法、国立公園法、労働衛生関係では労働時の保護法、公衆衛生法、等の法令がある。これらの縦断的法規と横断的側面を持つ環境法令とが、互いに補完しあって実際の環境保護行政が実行できるので、これらの法令との関係も重要である。

また、このグループには毒物、危険物、可燃物の取り扱いに関する法令も含まれる。

鉱業関係では、地質調査法と鉱業法に水質関係を扱う農地法、森林法、公衆衛生法とそれに水法及び有害物質に関係する法規が複雑に絡みあっている。

### 6.1.5 組織等の関連法規

省に関する法や自治地区に関する特定権限法等、規制管轄官庁の区分や権限委譲に関する法令である。

環境に関連する組織は、農業、林業及び水管理省(農業局、林業局、水局、植物防疫局、獣医局)、経済省(産業局)、保健省(公衆衛生関係)、資本投資省(建設、道路、航空機、鉄道及び船舶関係)、エネルギー・鉱業省(鉱物資源、エネルギー関係)、文化省(文化財関係)等多岐に亘っている。

管轄区分では一般的な環境質である大気及び水質に関しては全国を管轄する組織(例えば、環境省や水文気象学研究所)が、騒音や都市廃棄物の管理等は地方を管轄する組織(例えば地方自治体や衛生研究所)が管理している。

### 6.1.6 環境基準等

水域分類法によると、セ国では目的と用途により河川水等の地表水を 4 種(廃水を含めると 5 種)のカテゴリーに分けており、

- 水質Ⅰ種：自然水で飲料水及び食品工業用水並びに稀少魚種の水産業に使用できるもの
- 水質Ⅱ種：水中競技等水浴やレジャー等に利用でき、飲料可で通常の水産業及び食品用の農業用水や工業用水に使用するもの、
- 水質Ⅲ種：食品以外の農業用水や工業用水に使用するもの、
- 水質Ⅳ種：特殊目的の農業用水に使用される。

セ国の各々の河川には望ましい水域カテゴリーが設定され(204 流域区域が指定済み)、それを維持するような環境保護施策が実施される。主な河川の水域は Danube 川(Ⅱ種)、Tisa 川(Ⅱ種)、Sava 川(Ⅱ種)、Lim 川(Ⅱ種)、Kolubara 川(Ⅱa 種)、V.Morava 川(Ⅱa 種)、Ibar 川(Ⅱa 種)、Juz.Morava 川(Ⅱb 種)となっている。

地表水の水質基準は上述の各カテゴリー毎に定まっており、一般項目として 13 項目(放射線を除く)、規制対象有害物質は全部で 223 項目指定されている。規制対象有害物質の大半は農薬を含む有機化学物質であり、無機物物質は少ない。鉱業に関係の深い重金属類は 20 項目である。それらの項目を表に示す。日本の規制項目及び数値とはかなり異なっている。特に細菌項目に特徴がある。

表 6.1 水質基準

Environment Standard on River of Serbia and Japan		Serbia (on river)				Japan (on river)					Note		
INDEX		1 CLASS	2 CLASS	2a CLASS	2b CLASS	3 CLASS	4 CLASS	AA	A	B		C	U
Dissolved oxygen	Except underground water and natural lakes	mg/l 8	6	6	5	4	3	7.5	7.5	5	5	2	2
Oxygen concentration	-saturation %	90-105	75-90			50-75	30-50						
	-supersaturation %		105-115			115-125	125-130						
Biochemical oxygen demand	Five days, Temperature 20degrees	mgO <sub>2</sub> /l 2	4	4	6	7	20	1	2	3	5	8	10
Chemical oxygen demand	KMnO <sub>4</sub>	mgO <sub>2</sub> /l 10	12			20	40						
Saprobe level by Liebman	Except underground water and natural lakes	algosaprobied	mezosaprobied beta-alfa	beta	mezosaprobied beta-alfa	mezosaprobied alfa-beta	alfa mezosaprobied to pilsaprobied						
Level of bacteriological productivity	Only on lakes	ultraproductivity	modi autoproductivity	modi autoproductivity									
Suspended solid		mg/l 10	30	30	40	80	100	25	25	50	50	100	
Dry rest of filtrated water	-for surface water	mg/l 350	1000	1000	1000	1000	1500						
	-for underwater	350	1000	1000	1000	1500	-						
pH		6.0-9.5	6.0-9.5	6.0-9.5	6.5-9.5	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0
Visible sewage		no	no	no	no	no	no						
Noticed color		no	no	no	no	Low noticed	-						
Noticed smell		no	no	no	no	Low noticed	-						
Probable number of coliform microbes	for bathing	1	2000	10000	6000	100000	200000	100	1000	5000			MPN/100ml
HF <sub>4</sub> -N		mg/l 1	1			10	10						10 (as total N)
NO <sub>2</sub> -N		mg/l 0.05	0.05			0.5	0.5						
Sb		mg/l 0.05	0.05			0.05	0.05						Not provided
As		mg/l 0.05	0.05			0.05	0.05						0.01
Cu		mg/l 0.1	0.1			0.1	0.1						Not provided
Ba		mg/l 1	1			4	4						Not provided
Be		mg/l 0.0002	0.0002			0.001	0.001						Not provided
V		mg/l 0.1	0.1			0.5	0.5						Not provided
Fe		mg/l 0.3	0.3			1	1						Not provided
Hg		mg/l 0.001	0.001			0.001	0.001						0.005
Cd		mg/l 0.005	0.005			0.01	0.01						0.01
Co		mg/l 0.2	0.2			2	2						Not provided
Mn		mg/l 0.5	0.5			0.5	0.5						Not provided
Ni		mg/l 0.05	0.05			0.1	0.1						Not provided
Pb		mg/l 0.05	0.05			0.1	0.1						0.01
Se		mg/l 0.01	0.01			0.01	0.01						0.01
Ag		mg/l 0.01	0.01			0.02	0.02						Not provided
Te		mg/l 0.01	0.01			0.01	0.01						Not provided
Ti		mg/l 0.1	0.1			0.1	0.1						Not provided
Cd <sup>2+</sup>		mg/l 0.1	0.1			0.1	0.1						0.05
Cd <sup>2+</sup>		mg/l 0.1	0.1			0.5	0.5						Not provided
Zn		mg/l 0.2	0.2			1	1						0.03
CN		mg/l 0.1	0.1			0.1	0.1						no

大気関係では排出制限値 GVI の規制があり、その内重金属に関しては Pb(250 μg/m<sup>2</sup>/day)、Cd(5 μg/m<sup>2</sup>/day)、Zn(400 μg/m<sup>2</sup>/day)、総降下煤塵(200 μg/m<sup>2</sup>/day)である。

土壌中の有害物質及び危険物の許容量規則では、最大許容含有量(mg/kg)は Hg-2、Cd-3、As-25、Ni-50、Pb,Cu-100、Zn-300 である。

## 6.2 環境モニタリングシステム

セ国の環境管理システム及び環境モニタリングシステムは図 6.1 のように環境モニタリングの実施機関と環境質の測定データを保管管理する機関とに区分される。前者はセ国に登録された ISO 標準に適合した第三者公認機関(管轄官庁に登録が必要)が実施することになっており、水文気象学研究所、共和国衛生研究所、Bor 銅研究所等がある。これらの研究機関は全国的或いは地域の環境状況を把握するための環境モニタリングを実施している。後者にはセ国環境保護庁があり、環境実施機関から測定データを収集保管し、国に対し環境報告書を作成すると共にヨーロッパ環境庁にも環境状況を報告している。

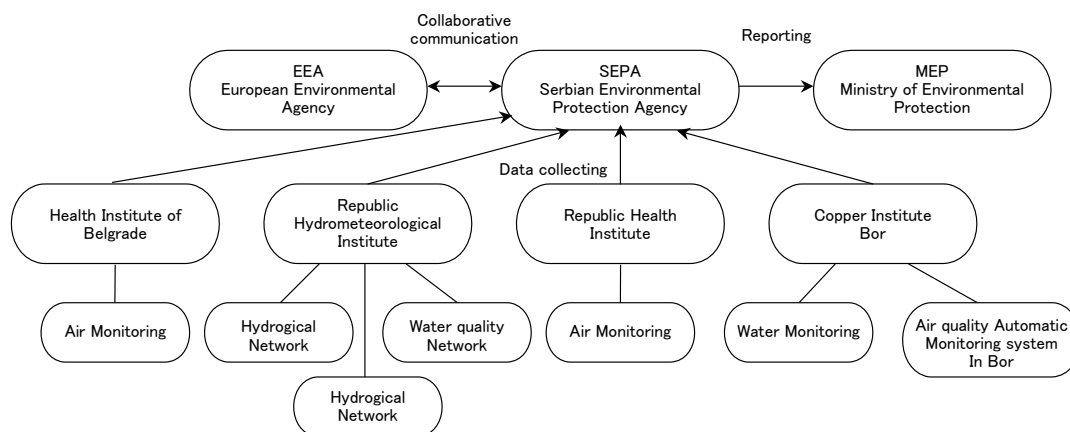


図 6.1 モニタリングシステム

排出事業者は、登録された測定機関に 4 回/年(3 ヶ月毎)測定を依頼し、その測定結果を保管し、査察の際に提示することが義務となっている。測定項目は非常に多く重金属以外にも細菌検査等が課せられる。大企業には気象観測データの測定等も課せられている。

Bor 鉱山のような大企業では、環境モニタリングについてある程度の測定や調査は実施されているが、防止対策を前提とした系統だった調査は不十分である。中小鉱山に至っては義務となっている 4 回/年(3 ヶ月毎)のモニタリングのみを実施で、環境管理に必要な pH、EC、濁度(又は透視度)等の日常的な測定や流量測定は実施していない。排水管理のためのモニタリング頻度としては非常に少ない。

大気の自動観測網を整備中であるが、同じく環境保護省では河川のモニタリング自動監視網も設置したい希望がある。その概要は主要河川である Danube 川、Tisa 川、Sava 川のセ国受入口及び Danube 川の出口における河川水質モニタリング、即ち物理項目(水位、流速、pH、水温、EC、DO、濁度、ORP)の他に種々の化学分析項目を含めて測定を実施しようというものである。

### 6.2.1 セ国環境保護庁(SEPA)

セ国環境保護庁は、2004 年の省庁法により環境保護省に設立された組織である。その組織図は図 6.2 の通りである。人員は 23 名で環境状況のモニタリング部及び汚染者のモニタ

リングと情報システム部の2つの部からなる。

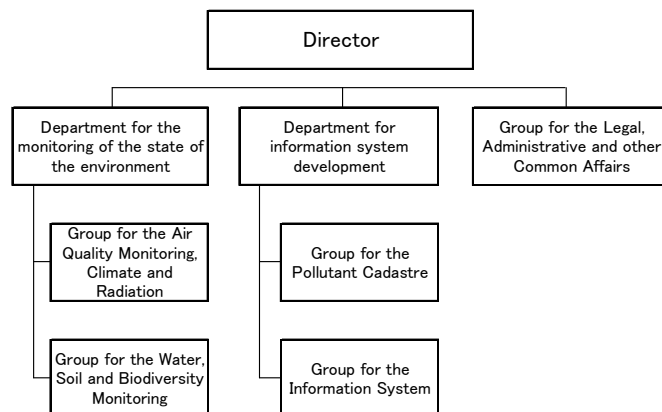


図 6.2 環境保護庁(SEPA)の組織図

主な業務は、下記の通りである。

- 環境情報の収集と環境情報システムの開発と管理
- 環境データの処理と適切な環境指標の設立
- 環境自動監視網の設立
- 汚染者台帳の作成と維持
- 環境状況に関する年次報告書の提出
- ヨーロッパ環境庁との協力(EIONET への参加)

セ国環境保護庁は、環境モニタリング機関である水文気象学研究所、共和国衛生研究所、ベオグラード保健所、ノビサド保健所、Bor 銅研究所、セ国自然保護研究所、地方自治政府事務局等から種々の環境情報を集めて、評価し、セ国の環境状況を示す指標や年次報告書を作成する。これらの指標はヨーロッパ環境庁(EEA)にも送付される。

また、セ国環境保護庁は大気質監視システムの構築を図っており、現在 CARDS プロジェクト(25 監視局)と NIP プロジェクト(17 監視局)の一体化を図って調整中とのことであった。但し、この計画の一部となるスメデレボと Bor の市内に 4 自動測定監視局がセ国環境基金の資金で設置されている。

### 6.2.2 水文気象学研究所(Hydromet)

水文気象学研究所は、図 6.3 の組織を持つ全国的な研究組織である。部門としては大きく気象関係、水文関係、環境関係の 3 つからなる。

水文気象学研究所は、以下の水関係に関する観測網と大気に関する観測網を持っている。これらの観測結果はセ国環境保護庁に報告される。

#### 1) 水関係の観測網

水関係の観測網は、次の地表水と地下水の観測網がある。

##### a) 水文関係の観測網

水文関係の観測網は、全国規模で地表水の観測網で、測定点は合計 214(コソボ地区を含



む)ある。測定はスナップサンプリングで行われ、水位(自記水位計又は箱尺)による流量、水温、浮遊懸濁物質、結氷時期と状況及び測定点によっては前述及び後述の項目を含み 36～63 項目もの水質測定(巻末資料 B 参照)を実施している。測定頻度は、測定点によって異なるが年に 12～24 回実施される。これらの測定は毎年立案される測定計画に則って実施され、測定点の追加や削除、測定項目や測定間隔、測定回数が変更される。この観測網の測定点は水文気象学研究所のホームページで地域毎又は流域毎の区分で参照できるようになっている。

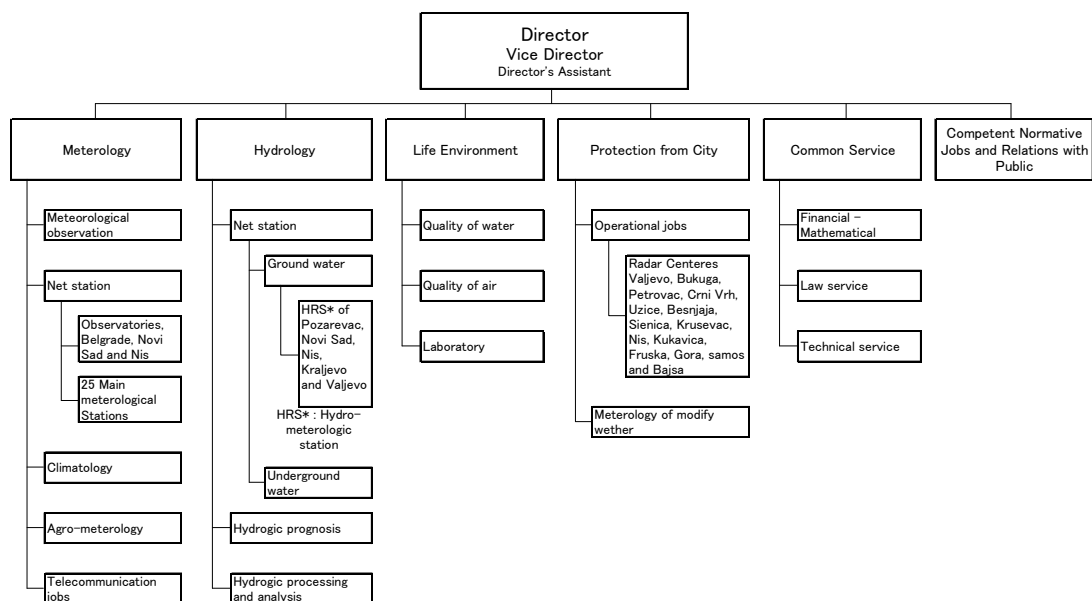


図 6.3 水文気象学研究所(Hydromet)の組織図

水文関係の観測網で実施された測定点、測定項目、測定結果の表示方法等が 2006 年測定分から変更されている。2006 年の測定結果表示では、各流域の測定点毎に目標とされる水質分類が設定され、溶存酸素量、溶存酸素飽和率、大腸菌群、腐敗生物指標、BOD5、COD、浮遊懸濁物質、蒸発残渣量、pH、色、臭気等の測定項目毎に水質カテゴリーを当てはめ、同時に総合的に評価され、そのカテゴリーを色分け表示している。測定結果は 2006 年の環境測定に関する年次報告に記載されている。

2006 年の各流域と測定点の数は以下の通り、(2005 年)

- Danube 川 58 測定点 (51 測定点)
- Zapadna Morava 川 28 測定点 (44 測定点)
- Juzna Morava 川 25 測定点 (38 測定点)
- Velika Morava 川 13 測定点 (16 測定点)
- Sava 川 7 測定点 (8 測定点)
- Kolubara 川 5 測定点 (14 測定点)
- Drina 川 8 測定点 (10 測定点)

• Timok 川	4 測定点	(9 測定点)
• Beli Drim 川	8 測定点	(17 測定点)
• Egej 川	2 測定点	(7 測定点)

#### b) 水質関係の観測網

水質関係の観測網は、全国規模で地表水の自動観測網で、測定点は合計 12 ある。測定は日試料で行われ、水位、流量、pH、溶存酸素量、溶存酸素飽和率、COD、電気伝導度、アンモニア性窒素と硝酸性窒素を測定している(Ibar 川流域ではフェノール類も測定。測定点によりこれらの項目の 8~10 項目を測定)。その他の水質項目(a の測定項目から選定)も月に 2 回実施される。これらの測定も毎年立案される測定計画に則って実施されている。この観測網の測定点及び水質分析の評価結果は水文気象学研究所のホームページで水質分析の項で参照できるようになっている。過去の測定結果についてもチャートで表示できるようになっているが、機器のメンテナンスに問題があるのか、表示可能な全ての項目、全期間に亘って表示はされなかった。

尚、測定点の各流域への配置は以下の通り、

• Danube 川	2 測定点
• Zapadna Morava 川	2 測定点
• Juzna Morava 川	1 測定点
• Velika Morava 川	2 測定点
• Sava 川	2 測定点
• Kolubara 川	1 測定点
• Tisa 川	1 測定点
• Lim 川	1 測定点

測定点の数が少ないので、直接対比できる場合が少ないが、測定点の pH と流量の変化等を用いて測定点上流側での汚染水の流入等を推定できる可能性がある。

#### c) 地下水関係の観測網

地下水関係の観測網には、自動観測網はない。地下水の水位の観測は、主にドナウ川及びサバ川の北部地域とモラバ川流域の 13 地域、431 観測点で、一カ月平均 3~6 回の頻度で測定している。また、地下水水位断面の測定は、主にモラバ川及びティサ川流域の 4 地域、27 断面の 135 測定点で行われている。地下水の水質測定は水位測定網と同様にドナウ川及びサバ川の北部地域とモラバ川流域を中心に 10 地域、67 測定点で、年平均 2 回の試料採取頻度で実施している。水文気象学研究所の地下水の測定項目は水文学的見地から定められた 30 項目(水位、水温、気温、pH、EC の他、地下水の化学組成式(Kurlov)を求めるための陰イオン及び陽イオン)の測定を実施し、井戸は各帯水層に配置されている。飲料水を得るために地下水を揚水し、配水することは、農業、林業及び水管理省の水局の業務であり、水文気象学研究所の観測網はそれとは独立した存在になっている。

#### d) その他湖沼関係の観測

湖沼及び貯水池関係の観測は、主要な湖沼全てで実施しているが、年 2 回の試料採取で 36～63 項目の分析を行う。自動観測網はない。沈殿物の測定は年に 1 回河川及び貯水池で実施される。

## 2) 大気関係の観測網

大気関係の観測網は、ベオグラード地域の自動観測網と全国の大気質の観測網がある。

### a) ベオグラード地域の自動観測網

ベオグラード地域の自動観測網は、市内 3 箇所に設置された観測機器で、日試料により、SO<sub>2</sub>、煤煙及び NO<sub>2</sub> を測定している。各測定点の各測定値は日毎に纏められ、前日分の測定結果と最近の 1 週間分のグラフを水文気象学研究所のホームページで開示し、環境状況についてのコメントも載せている。

### b) 全国の大気質観測網

全国の大気質観測網は、全国の測候所(29 箇所)に設置された観測機器で、日試料により SO<sub>2</sub>、煤煙及び NO<sub>2</sub> を測定している。2004 年及び 2005 年の 2 年間に政府が採択した大気質測定令に従って各測定点から重大な汚染源から影響されていない 13 点の監視局と汚染源から汚染の影響を受けている 13 点の監視局及び EMEP プログラム推進に指定された 1 箇所の測候所の合計 24 測定点で 24 時間試料の採取との分析を実施している。一部の測定局では電離線(ガンマ線)の測定も実施している。

## 3) 共和国衛生研究所、Bor 銅研究所、その他

共和国衛生研究所は、大都市部と地方の大気質及び地表水と飲料水の水質並びに騒音の環境モニタリングを実施している。大気質の測定では、28 都市の 60 測定点で実施している。Bor 銅研究所は、Bor 市内の大気関係の 3 自動測定局(Gradski 公園、Jugopetrol、Brezonik)の管理と、水質及び土壌の試料採取及び分析を実施している。大気関係の自動測定は、15 分間隔で SO<sub>2</sub> 濃度を測定し、管理濃度を超過している時間に応じて、Bor 銅製錬所の操業を変更している。SO<sub>2</sub>24 時間値及びダストは別に試料を採取し、採取試料を混合して、月 1 回の重金属等の分析を行っている。また、連続測定点の他に 24 時間試料採取装置で試料を採取し、煤、飛散粒子及び降下煤塵を測定すると共に、降下煤塵試料を用いて pH、溶解物質、硫酸塩イオン、非溶解物質、可燃性物質、灰、Pb、Cd、Zn 及び降下煤塵総量を測定している測定点も存在する。水質関係及び土壌関係の調査も特別プログラムとして実施している。

地方都市部の大気質環境モニタリングは、全部で 40 の集落の 76 測定点で煤煙、硫黄酸化物、窒素酸化物、CO<sub>2</sub>、オゾン、粒子状物質や重金属の幾つか又は全てを年 2 回測定している。特定汚染物質の生産設備の存在する地域では合わせて 19 集落の 44 測定点でアクロレン、ホルムアルデヒド、フェノール、アンモニア、ベンゼンの特定汚染物質を測定している。

## 4) 産業排水等

セ国では産業排水のモニタリングは、排水を排出している事業者が年 4 回(3 ヶ月毎)の測

定を義務づけられている。これらのデータは基本的に事業者が保管することになっており、国として系統的にデータを収集保管するシステムにはなっていないことがハッキリとした。また、排水管理の状況は、環境省の査察部が有害物質を、農業、林業及び水管理省の水局の査察部一般項目を、保健省の査察部が飲料水(地表水及び地下水)の水質をチェックすることになっており、査察に統一性がないことも分かった。

排水モニタリングの測定項目は、Grot 鉱山の場合、水温、気温、色、臭気、濁り、pH、EC、沈降物質、浮遊懸濁物質、蒸発残留物、過マンガン酸消費量、COD(KMnO<sub>4</sub>、K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)、BOD<sub>5</sub>、溶存酸素量、溶存酸素飽和率、アンモニア、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、塩素、硫酸根、硫化水素、フッ素、シアン化物、リン酸、Fe、T-Cr、Cr<sup>6+</sup>、Cr<sup>3+</sup>、Ni、Cu、Zn、Pb、Hg、Cd、As、Ba、フェノール類、陰イオン、3 塩化エタン、3 塩化エチレン、大腸菌群及び腐敗菌等の 8 種の細菌学指標で、全部で 49 項目にも上る。Rudnik 鉱山の場合は、水温、気温、色、臭気、濁り、pH、EC、沈降物質、浮遊懸濁物質、蒸発残留物、過マンガン酸消費量、COD、BOD<sub>5</sub>、溶存酸素量、溶存酸素飽和率、アンモニア、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、塩化物、硫酸根、シアン化物、リン酸、Fe、Cr<sup>6+</sup>、Cr<sup>3+</sup>、Ni、Cu、Zn、Pb、Cd、Ca、Mg、Mn、フェノール類、陰イオン、油脂類、硬度、アルカリ度、総有機炭素等で、Grot 鉱山と若干相違するが、43 項目にも上る。モニタリング箇所は 5 箇所(河川試料を 3 箇所含む)で Grot 鉱山より多い。

鉱業の排水としてこれだけ多くの項目を測定しなければならないか疑問がある。排水管理上は分析項目を多くするよりも分析頻度を増やした方が望ましいと判断する。

### 6.3 査察制度

環境問題は何れの国においても該当する分野が多く、許認可業務を初め、複雑に成りやすい性格がある。特に、鉱業は自然景観、文化財等の破壊を起こしやすく、開発前から環境影響評価が義務づけられて、環境破壊を予防しようとしている。この予防措置の一つとして、査察制度がある。環境保護省を初めとし、エネルギー鉱業省、農業、林業及び水管理省等には査察部があり、安全を含め環境の悪化を阻止するために働いている。これら各省の査察部の業務がどのようになっているかを調査した。

鉱業関係について環境を考慮すると自然資産の保護、文化的社会的資産の保護を含め大気質、水質、土壌、騒音振動、地盤沈下等が考えられる。これらの環境要因と査察の関係について述べる。図 6.4 にエネルギー鉱業省の査察部の組織を示す。エネルギー鉱業省査察部には地質部門と鉱業部門に分かれており、鉱業部門は露天掘、坑内掘及び電気の三セクションに分かれている。セクションからは直接環境に関連する事柄を類推することは難しいが、環境に関連する事項は探査時や開発時の自然景観の破壊、湧水(坑内水を含む)の排水や土壌の汚染が主となる。現地調査から判断すれば環境基準は河川の平均濃度で規制されるのもであり、排出制限値での規制が十分に行われていないようである。また、排出事業者が自身で分析し、排水管理することもなく、査察を行う部署が立ち会い試料採取や抜

き打ち試料採取等のクロスチェックをすることもない。従って、年 4 回の排水測定で年間の排水状況を把握することは不可能であると判断する。

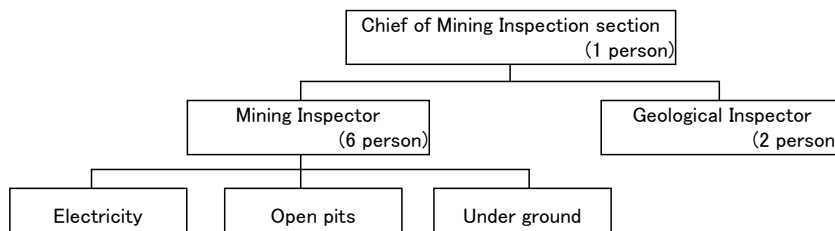


図 6.4 エネルギー鉱業省査察部の組織

次に、図 6.5 環境保護省査察部の組織を示す。環境保護省査察部門は総人員 88 名でセ国全土の環境査察を実施している。

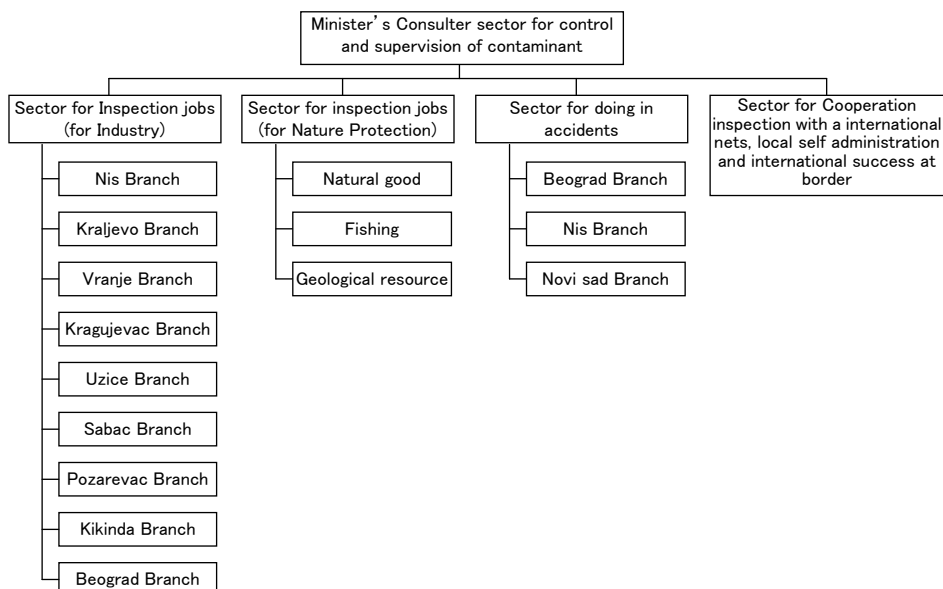


図 6.5 環境保護省査察部の組織

環境保護省は産業分野の大気関係、騒音関係及び自然保護関係と釣り関係については、一元的な管轄権をもっている。地質資源に関してはエネルギー鉱業省との業務分担が明快には分からないが、地下水に関する地質資源の保護として一部を管轄するようである。水関係については環境保護省査察部は有害物質に関する事項のみを管轄するが、水の一般的な管轄権は農業、林業及び水管理省が持っており、一般的な水質項目は農業、林業及び水管理省の査察部が持っている。また、文化財に関する部分は文化省の管轄である。これらの業務区分を図 6.6 に示す。

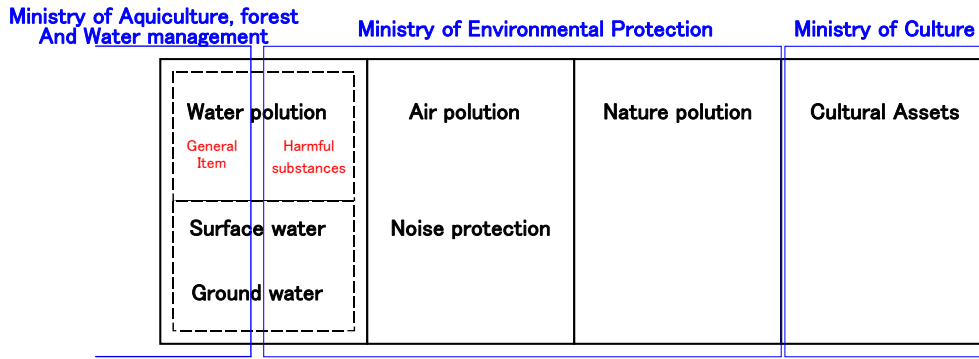


図 6.6 環境に関する各査察部の業務区分

査察を実施する査察官の訓練も特別な訓練コースはなく、査察官個人の資質による場合が多い。また、査察官同士の相互啓発も殆どないという。更に各省の査察官の交流もなく、別個に査察が為されている。

環境においては査察回数は、実質的な環境管理上の強制力となりうるので、査察官の訓練コースを設置して、その査察内容のばらつきを少なくし、省が異なっても査察官の相互連絡(相互告発)ができるような体制が必要であろう。

#### 6.4 セ国の環境状況と鉱山の環境問題

UNEP により指定された汚染のホットスポットは以下があり、修復中である。

- Bor NATO の爆撃による変電設備からの含 PCB 油の流出  
Bor 製錬所からの大気汚染
- Novi Sad 石油精製所からの原油、石油製品の流出
- Pancevo 石油コンビナートからの原油、石油製品の流出  
肥料工場からの有害物質の流出
- Kragujevac NATO の爆撃による変電設備からの含 PCB 油の流出

また、これとは別に鉱業における汚染も発生しており、2001 年 6 月には Veliki Majdan 鉱山の廃滓堆積場の一部が大雨のため、決壊するという事故までおこっている。Bor 鉱山/製錬所についても大気だけではなく、水質及び土壌の各分野でも環境問題が発生している。Bor 鉱山/製錬所の環境問題はルーマニア国境にも近く、その汚染が越境してしまう可能性がある。詳細は Bor 鉱山の項で後述する。

鉱業は特に多くの環境要因に影響を及ぼし、発生源も多岐にわたる。しかし、発生源と影響する要因には関連性があり、大気に影響を与える発生源は、乾式の炉を持つ製錬工場、焼結工場や硫酸工場であり、水質汚染の発生源は、廃石堆積場や露天掘採掘跡からの鉱山廃水や選鉱廃滓堆積場の廃水、湿式精錬工場や硫酸工場からの廃水で、ことに酸性排水が問題となる。土壌汚染は、露天掘採掘跡や廃石堆積場、選鉱廃滓堆積場から直接土砂や石が流出して汚染する一次的な汚染から、大気汚染物質や水質汚染物質から二次的に引き起こされる汚染まで存在する。

現地調査を行った各鉱山の環境状況について以下に述べる。



#### 6.4.1 Grot 鉍山

Grot 鉍山では、操業中であつたが、選鉍機械は建屋の中にあり、工場と住人の家屋との距離が離れているので、騒音問題の発生の可能性は少ない。

Grot 鉍山の坑内水は、大凡 pH8.5 で流量約 60m<sup>3</sup>/hr で、その内 90%の 54m<sup>3</sup>/hr を運搬坑道である通洞坑道を経て選鉍場で使用、使用しきれなかった分は廃滓堆積場への流送水に使用する。残り 6m<sup>3</sup>/hr は反対側にある坑口から排出している。

廃滓堆積場からの廃水は選鉍場で繰り返し使用はせず、直接排水(pH7.5)し、Selecki Potok 小川を経て Juz. Morava 川、Danube 川に流れ込む。Juz. Morava 川に合流する間に 2 カ所のモニタリング箇所があり、義務となっている年 4 回(3 ヶ月毎)の測定のみが実施され、それ以外のモニタリングは実施していない。モニタリングの分析結果は何れの箇所においても問題はなかったが、測定頻度が少なすぎて健全な管理が為されているか判断できない。

反対側坑口の坑内水もモニタリングの分析結果には問題はなかったが、環境保護省の環境査察官からの聞き取り調査では、その下流にある沼の底質分析結果に高濃度の重金属(Zn 0.93%)が検出されているとのことであつた。坑内水自体でそのような高濃度の底質悪化は発生しにくいので、鉍化帯域の土地の浸食や、鉍山開発時の坑道開削する際に坑外に積み上げた廃石中に存在する鉍石の一部が雨水等で流出し、そのまま沼で沈降し、底質を悪化させたものと想像される。反対側の沢には廃滓堆積場のような沈降設備が無いので、汚染物を沈降分離できず、汚染を拡散させたもので、沢に入る前に沈殿地を設置し、鉍山敷地内の汚濁水や浸食された固形物を処理しなければ沼の底質はより悪化することになる。更にその下流には飲料水水源(Bosilegrad)に用いる湖があるので、底質の重金属が溶解性であるか否かの確認と早急な対策が必要である。



図 6.7 Grot 鉍山廃滓堆積場の平面図・断面図

廃滓堆積場はサイクロン分離によるサンド・スライムの分離堆積を実施している。堆積

場内には3本の集水管が設置されている。堆積場の周囲の雨水は側溝(素堀り)によりポンドに流入しないように管理され、ポンド内の上澄水を排出させる集水管と一緒に排水される。但し、堤体サンドには湿潤水水位を計測する井戸は設置されておらず、湿潤水水位の管理はカンに頼っているのではないかとと思われる。また、堤体の途中には犬走りは設置されておらず、直接最下底から堤体上部まで積み上げる形式である。また、堤体の脇やポンド内には草木が茂っており、伐採されていないため不透水層を形成していない等、若干問題がある。また、堤体表面の発塵を防止するための散水装置もない。



Grot 鉾山廃滓堆積場周囲の側溝(素堀)



Grot 鉾山廃滓堆積の集水管

#### 6.4.2 Kizevak 鉾山

Kizevak 鉾山は現在銀行管理下の鉾山であり、操業は行われておらず、操業再開に向けて tender 資料の作成中ということであった。鉾山は露天掘りである。ピット底には水が認められなかったが、露天掘り周囲(主に下流部)に廃石置場があり、土砂留めは設置されていない。廃石置場下底からは酸性水(pH4~2)が所々から出ており、道路上や沢筋を経て流出している。



Kizevak 鉾山廃石堆積場

選鉱場の設備は古く、浮選槽等は腐食が激しい。また、休転時点に整備をしておらず、このままでは運転再開は困難と思われる。堆積場への送水ポンプは生きており、時々廃水管理のため堆積場に送水しているとのことだが、現場では確認できなかった。

堆積場は新旧2つあり、旧堆積場は四方を築堤で囲む垂直型集水管で廃水する形式のもので、Ibar 川の川岸脇にある。堆積場は大小2つが隣り合って設置されているが、どちらの集水管も一部破損している。使用しなくなってからの放置期間が長いいためか、堤体の浸食が進んでいる。植栽計画はもっているが、実施資金がなく、実施していない。堤体及びポンド内に草木が自然発生的に自生している箇所があり、植栽実施時にはこれらの植物の利用も考えられる。



Kizevak 鉱山旧廃滓堆積場



Kizevak 鉱山旧廃滓堆積場堤体とその浸食

新堆積場はダム形式の堆積場で、サンド・スライムの分離堆積を実施している。集水管は水平式を使用している。谷の上流側には谷の一部を堰き止め、上流側の水をポンドに入らないよう水路で隣の沢に切り替えてあった。両岸には素堀の側溝が設置され、ポンド内に雨水が入り込まない構造にはなっている。堤体のサンド内には湿潤水水位を計測する井戸が設置されている。湿潤水水位を管理することにより、堤体の安定維持が図れることから Grot 鉱山よりは設備的にはしっかりしている。但し、Grot 鉱山同様堤体に犬走りも設置

されておらず、堤体の脇には草木が茂っており伐採されていない。ポンド内の上澄水は選鉱場で繰り返し使用される系統になっている。堤体表面の発塵を防止するための散水装置はない。

モニタリングの分析結果はなかった。水質はむしろ Ibar 川自体の方が悪いとのことであるが、正しいか否かの判断はできない。



Kizevak 鉱山新廃滓堆積場堤体に設置された水位観測井

#### 6.4.3 Rudnik 鉱山

Rudnik 鉱山は現在操業しているもう一つの中小鉱山であり、今年で負債を払い終えたとのことである。Rudnik 鉱山の堆積場を見学した。



Rudnik 鉱山の廃滓堆積場(上:外側概観 下:内側概観 円内は観測井戸)

堆積場はダム形式でサンド・スライムの分離堆積を実施している。堆積場奥から堤体まで左岸側に通路が設置され、通路の中程の外側にポンド水回収位置がある。堤体内外のサンド内には湿潤水水位を計測する井戸が 6 系統設置されており、更に堤体外側の裾には水平式の集水管を設置しているという。堤体からポンド水回収位置まで距離が短いきらいはあるにしても、今回調査した中小鉱山では、一番設備的にしっかりしている。堤体表面の発塵を防止するための散水装置はない。

#### 6.4.4 Lece 鉱山

Lece 鉱山も現在銀行管理下の鉱山であり、操業は行われていない。鉱山は坑内掘りで、現在坑内設備維持のため坑内水を揚水している。坑内水は pH5 前後で、若干の濁りがある。坑内水の排水された川床には少し赤みがあり、鉄を含むものと推定する。但し、分析結果はない。

坑口に一次破碎場があり、その付近は細かい廃石が堆積しており、酸性水の発生が危惧される。一次破碎場と選鉱場間は索道で鉱石を運搬しており、運搬途中の鉱石の落下による土壤汚染も危惧される。

廃滓堆積場は周囲に堤体を積み上げた構造で、8 箇所ある。ポンド表面が乾いていたが、一部の堆積場の堤体下には酸性の浸透水が存在する。

#### 6.4.5 Bor 鉱山、選鉱場、製錬所

RTB Bor は鉱山・選鉱から製錬・加工までの一貫工場であり、各所から種々の汚染物質を排出している。そのため、汚染は大気、水質、土壌と広汎にわたっており、複雑な状況にある。選鉱設備は工場建屋内に設置され、選鉱場も住民の家屋から離れているので、騒音公害の可能性は少ない。

##### (1) 大気汚染

大気質のモニタリングは連続モニタリングとスポットモニタリングの 2 種類実施している。SO<sub>2</sub> は 2 箇所(Gradski 公園と Jugopetrol)自動測定点と最近設置された Brezonik の計 3 箇所において 15 分毎の計測を行う連続モニタリングであり、これらの測定結果は Bor 銅研究所、Bor 市役所、RTB Bor の監視にリアルタイムで送られる。測定結果が 2 回連続して高濃度(2,000 μg/m<sup>3</sup>)の場合、製錬所の操業の一部を停止して対応する。また、これらの測定結果は新聞、ラジオ、TV で公表されている。銅研究所は SO<sub>2</sub> 濃度及び風向・風速のデータを週刊報告として、これに飛散粒子量、重金属含有量(Pb,Cu,Mn,Ni,As,Cd,Zn)のデータを加えたものを月刊報告として環境保護省、Bor 市役所、RTB Bor に報告している。

SO<sub>2</sub>24 時間値及びダストは別に試料を採取し、月 1 回採取試料を混合して重金属等の分析を行っている。また、24 時間試料採取装置で試料採取し、煤、飛散粒子及び降下煤塵を測定すると共に降下煤塵を用いて pH、溶解物質、硫酸塩イオン、非溶解物質、可燃性物質、灰、Pb、Cd、Zn 及び降下煤塵総量を測定している測定点が 14 測点ある。



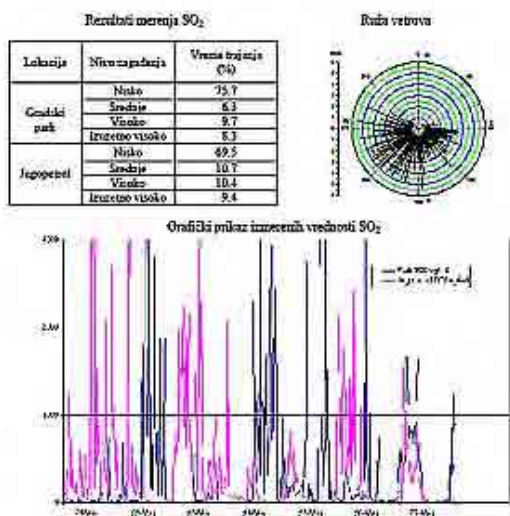


図 6.8 週刊大気汚染状況報告書

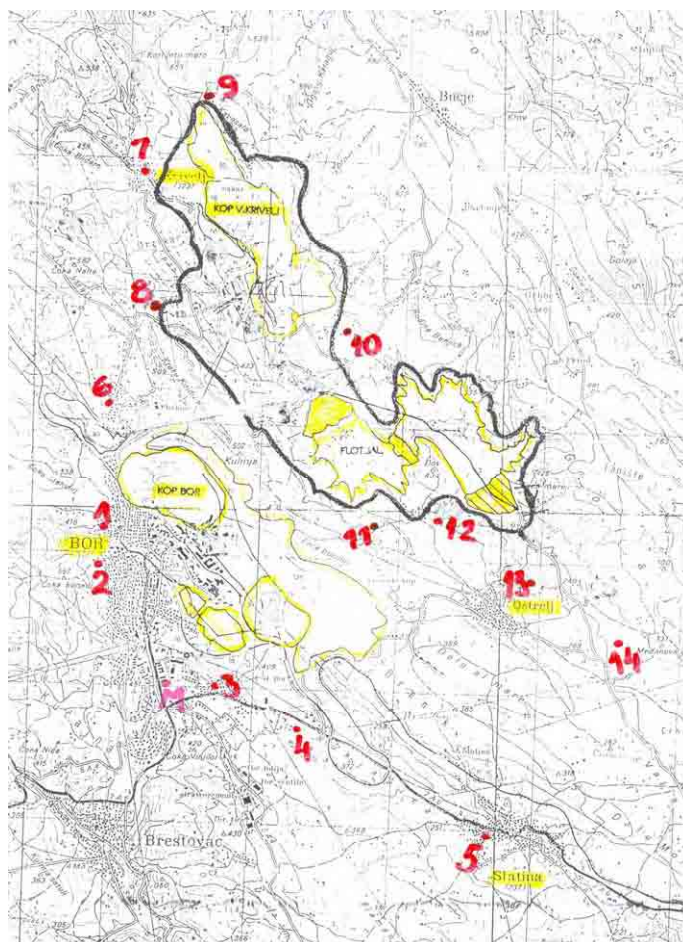


図 6.9 大気汚染測定点

降下煤塵は全て酸性を示しており、土壌の酸性化を進めている。一般的な風向は北西及び東であるため、測定点 1、2(東風の影響と距離が近いため)の測定値が高い。次いで測定点 3、4、5(北西風の影響)の測定値が高くなっている。また、亜鉛、鉛等の揮発しやすい重金属の濃度が高くなっており、集塵機の集塵効率が低いことを示している。



現在の製錬工程の反射炉では排ガス中の SO<sub>2</sub> 濃度は 1%程度で硫酸製造が不可能な低濃度であること、漏れガスが多いこと等根本的な問題でもあり、炉の形式を変更し SO<sub>2</sub> 濃度を上げるとともに、硫酸設備も Double Contact 形式に変更して SO<sub>2</sub> 回収率を向上させ、集塵機の増強を図ることでダストの飛散量を低下させる等の根本的な解決を図ることが必要である。

同時に、系統の切り替えを図って現在休止中の脱硫中和設備の運転を再開させる等、可能な対策は逐次実施することも重要である。

## (2) 土壌汚染

土壌汚染の主な影響は、土地の酸性化であり、重金属類による土壌汚染である。大気汚染からくる土壌汚染は直接的で、一般的に土壌は酸性を示し、耕作地として不適格な土地を形成し、その面積を増加する。土壌汚染調査結果では、この地方の土壌は一般に P 含有量は不足しており、K 含有量は充足している。また、耕作状況にもよるが、N 含有量と腐植土含有率は中位であるが、酸性化した土壌では腐植土含有率は低下傾向にある。重金属関係では土壌許容基準(Cd-3mg/kg、Pb-100mg/kg、Hg-2mg/kg、As-25mg/kg、Ni-50mg/kg、Cu-100mg/kg、Zn-300mg/kg)が定められており、Zn、Ni、Fe、Cd、Hg、Pb の含有量は許容水準以下を示し、Cu と As の含有量でグループ分けが可能である。

土壌の分析結果から次の 3つのグループに分けられ、大気汚染の影響度を区分できる。

- グループ 1 Krivelj、Ostrelj、Bucje、Slatina、Bor を含む製錬所に最も近い区域で、土壌の pH は 3.8～6.83 を示し、一部に亜鉛含有量が高く、調査点の 40%～86% で銅含有量が、20%～64%で As 含有量が許容水準を超える。
- グループ 2 Brestovac、Metovnica、Sarbanovac を含む中間域で、土壌の pH は 4.4～6.32 と最小値が若干高い値示すが、グループ 1 と異なり Cu、As の含有量は許容水準以下にある。
- グループ 3 Zlot と Gornjane を含む外縁部で、土壌は酸性を示すものの、大気汚染の影響は認めがたい区域である。

土壌汚染には、酸性水の発生等により重金属が土壌を汚染する場合や、堆積場や廃石置場から風雨により浸食され、固形物が流出することによって河川底質や土壌の汚染が考えられる。しかし、水質汚染に伴う底質の悪化を行った一部の調査を除き、この観点からの調査は不十分である。系統だった調査が必要である。

## (3) 水質汚染

Bor 鉱山の廃水は、その発生箇所、流量、化学組成等により種々の廃水が、Bor 川或いは Krivelj 川に流れ込み、Timok 川、Danube 川を経て、最終的には黒海に注ぎ込む。これらの廃水を分類すると下記の 7 種に分類できる。(これら廃水の発生箇所は、図 6.10 に示す)

### A) Krivelj 川に流れ込む廃水

- 露天掘”Veliki Krivelj”からの廃水
- ”Saraka”小川からの廃水

- 露天掘”Bor”からの廃水
- 浮選廃滓ダム” Veliki Krivelj” 1 A のポンドの廃水
- 浮選廃滓ダム” Veliki Krivelj” 3 A のポンドの廃水

## B) Bor 川に流れ込む廃水

- ”Robule”湖からの廃水
- “Bor”露天掘、硫酸工場、銅乾式製錬所、銅湿式精錬所等工場各所からの廃水

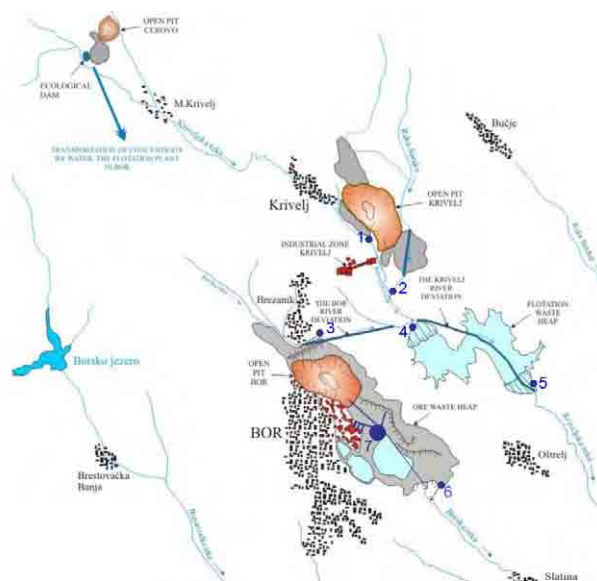


図 6.10 廃水の発生箇所

### a) 露天掘”Veliki Krivelj”からの廃水

露天掘”Veliki Krivelj”のピット底の集水管からの廃水で表層水と地下水起源の廃水である。pH4.40、 $\text{SO}_4$ 360mg/l、 $\text{Cu}$ 127.5mg/l、 $\text{Fe}$ 0.38mg/l、 $\text{Zn}$ 3.1mg/l の濃度で流量 2,333m<sup>3</sup>/日でポンプアップされる。

### b) ”Saraka”小川からの廃水

”Saraka”小川の上流には露天掘”Veliki Krivelj”の廃石ダムがあり、廃石ダムからの浸出水が流入している。この廃水は天候の影響を受けやすく、流量、濃度が変化しやすい。pH4.29、 $\text{SO}_4$ 148mg/l、 $\text{Cu}$ 101.9mg/l、 $\text{Fe}$ 34.3mg/l、 $\text{Zn}$ 1.3mg/l の濃度で流量 3,802m<sup>3</sup>/日で Krivelj 川に流れ込む。

### c) 露天掘”Bor”からの廃水

露天掘”Bor”からの廃水で Bor 川の切替水路を通して Krivelj 川に流れる。pH2.87、 $\text{SO}_4$ 247mg/l、 $\text{Cu}$ 192.1mg/l、 $\text{Fe}$ 678mg/l、 $\text{Zn}$ 34.5mg/l の濃度で流量 3,599 m<sup>3</sup>/日でポンプアップされる。

### d) 浮選廃滓ダム” Veliki Krivelj” 1 A のポンドの廃水

浮選廃滓ダム” Veliki Krivelj” 1 A のポンド上澄水及び表層水で流量 1,944 m<sup>3</sup>/日で Krivelj 川に流れ込む。PH6.08～8.12、 $\text{SO}_4$ 59～730mg/l、 $\text{Cu}$ 0.07～0.356mg/l、 $\text{Fe}$ 0.01～4.5mg/l、 $\text{Zn}$ 0.001～2.612mg/l の濃度で変化に富む。この廃水は浮選尾鉱なので元来はアルカリ側でなければならない。しかし、これだけ pH が酸性側に変化する頻度があれば、酸性

水を混合処理していることが推定される。Cu 濃度は、この pH 域で沈殿物を形成するので濃度は低いが、亜鉛や Cd はこの pH 域では処理が不十分となるので、注意を要する。

**e) 浮選廃滓ダム”Veliki Krivelj” 3 A のポンドの廃水**

浮選廃滓ダム”Veliki Krivelj” 3 A のポンド上澄水で流量 3,024m<sup>3</sup>/日で Krivelj 川に流れ込む。PH4.6~8.24、SO<sub>4</sub>12~701mg/l、Cu0.02~0.276mg/l、Fe0.01~2.5mg/l、Zn0.001~1.95mg/l の濃度で 1 A のポンドの廃水同様変化に富む。この廃水は浮選尾鉱なので元来はアルカリ側でなければならない。しかし、これだけ pH が酸性側に变化するので同様に、酸性水を混合処理していることが推定される。Cu 濃度は、この pH 域で沈殿物を形成するので濃度は低いが、亜鉛や Cd はこの pH 域では処理が不十分となるので、注意を要する。

**f) ”Robule”湖からの廃水**

”Robule”湖は露天掘”Bor”の廃石置場の側にあり、廃石置場からの浸出液が集まり、湖を形成したもので、この付近には精錬所の廃水も一部排出している。pH2.97、SO<sub>4</sub>4145mg/l、Fe895mg/l、Cu55mg/l、Zn26.5mg/l の濃度で流量 484m<sup>3</sup>/日で Bor 川に流れ込む。この廃水は赤褐色を呈しており、溶存鉄の形態は 2 価鉄である。2 価鉄が 3 価鉄に酸化される時には pH が低下するので、廃水は酸性を維持しやすい。この廃水は未処理のまま排出されている。

**g) ”Bor”露天掘、硫酸工場、銅乾式製錬所、銅湿式精錬所等工場各所からの廃水**

この廃水は ”Bor”露天掘、硫酸工場、銅乾式製錬所、銅湿式精錬所等工場各所からの廃水の混合物であり、流量 2,323m<sup>3</sup>/日で Bor 川に流れ込む。pH2.35、SO<sub>4</sub>1640mg/l、Cu54mg/l、Fe323mg/l、Zn1.92mg/l、Pb2.08mg/l、Mn9.63mg/l、Ni1.05mg/l の濃度である。

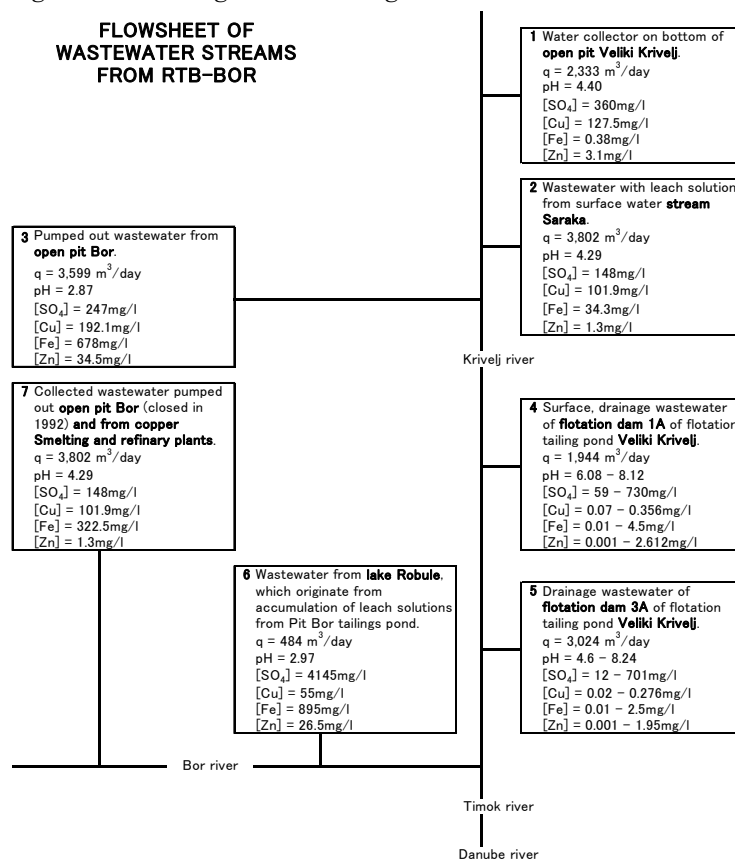


図 6.11 汚染水の流れ

湿式精錬工場(7A1)の廃水は硫酸(16.63g/l)、Cu(4.8g/l)の他 Fe,Ni,As,Al,Bi,Zn, Sb,Te,Pb,Mn 等に富み、流量は大凡 2,874m<sup>3</sup>/年である。PM 工場の廃水は、硫酸(15.3g/l)、Cu(2.85g/l)の他 As,Te,Fe,Co,Zn,Pb,Sb,Bi 等に富み、流量は大凡 1,946m<sup>3</sup>/年である。再生工場の廃水は、硫酸(386g/l)、Cu(15.15g/l)、Ni(3.07g/l)、As(2.43g/l)の他 Te,Fe,Bi,Zn,Sb 等に富み、流量は大凡 1,071m<sup>3</sup>/年である。硫酸工場の廃水は、硫酸(0.81g/l)、Cu(0.041g/l)で、流量は大凡 34,944m<sup>3</sup>/年である。これらの廃水も処理は不完全なまま放流されている。

これを纏めると図 6.11 のようになる。各廃水はその流量が大きく、そのまま廃水処理を考えることは難しい。廃水処理の原則は、汚染水と汚染していない水をできるだけ分離することと高濃度のものは薄めずに処理することであり、汚染水を清濁分離できるように検討することが重要で、このための発生源調査が必要である。

#### (4) その他の環境に関する問題点

廃滓堆積場の管理については述べると、廃滓堆積場はダム形式でサンド・スライムの分離堆積を実施しているが、廃滓堆積場は 2 つの堆積場がポンドを背中合わせにしたような構造をしている。堤体は 3 つあるということであるが確認はしていない。両端にある堤体には、湿潤水水位を計測する井戸は設置されているが、スライムが管内に入り計測できない井戸も多いという。ダム 3A の堤体では過去に堤体が動きかけたことがあるため、ダム 3A の堤体では井戸の再設置計画がある。ダム 1A の堤体でも井戸は再下段の井戸のみが計測可能ということで、堤体の裾に設置された集水管の観測と併せて管理しているようである。堤体表面の発塵を防止するための散水装置は両方のダムともない。廃滓堆積場に酸性水を導入して中和を図る場合にはポンド内の pH をできるだけアルカリ側に維持しておかないとポンド内に沈降分離した重金属水酸化物が溶解し、廃水の重金属濃度を逆に高くする危険があることを自覚しなければならない。

また、堆積場の底設集水管(底設暗渠)にひび割れ等の問題を抱えており、排水中に重金属成分が混入している。ポンド水の低下はこの問題を悪化させる危険がある。

RTB Bor の環境汚染には、現在の発生源として捉えている 7 箇所(露天掘、選鉱場、製錬所等から廃水や廃滓堆積場ポンドからの上澄水)の廃水処理の不適正(現実的には無処理での放流に近い)だけでなく、それ以外に Cerovo 露天掘付近の廃石置場からも酸性の浸出水が発生しており、Krivelj 川上流部に流れ込んでいる。それとは別に廃石置場や廃滓堆積場には雨水や風による浸食が発生しており、これらの固形物は川に入り直接底質の悪化を引き起こしている。廃水中の重金属は水中で沈殿物を形成し、川の流れが遅くなった箇所では沈降するが、かなり下流まで汚染が拡散しているのが普通である。これらの沈降物は雨等で川の流量が増加した時には川底から巻き上がり、更に下流に流れることになるため、更に下流に汚染を拡散することになる。鉱山区域内で処理を完了させることが原則であり、処理効率上も有利である。そのためには汚染の発生源と汚染の受けていない河川水をできるだけ分離できるよう、当初から調査し、検討し、対策していかなければならない。

#### 6.4.6 炭鉱と文化財(Kostolac 炭鉱の場合)

Kostolac 炭鉱は国有電力会社(EPS)傘下の大規模な露天掘炭鉱で、Drmno 鉱床が現在開発初期段階にある。その開発区域内にはローマ時代の軍駐屯地遺跡(Viminacijum)あり、一部が炭鉱の開発鉱床区域にかかっている。環境影響評価調査によって、遺跡の大半は移転復元し、移転ができない一部の遺跡については遺跡境界から 100m の保安距離を維持して開発することで文化省との合意がされている。移設に必要な経費は約 25 万ユーロ/年と見込まれている。

また、Drmno 鉱床の露天掘りは Danube 川の近傍にあり、地下水位が高いので開発前に連続揚水して地下水の水位を低下させた後に、ドラッグラインで開削し、エクスカベーターで採炭している。開削前に揚水する地下水は、鉱床の酸化も少なく濁り等の汚染がないので、周囲の農業用水にも使用されているとのことで、地下水汚染の可能性は少ない。



図 6.12 ローマ軍駐屯地遺跡(赤矢印)と Drmno 鉱床露天掘(左側)及び地下水揚水状況(右側)

#### 6.4.7 ケーススタディの施策実施に伴う環境悪化防止対策

ケーススタディの内容の中で挙げられている工程改善案を実施することは、尾鉱中の重金属成分(Cu、Pb、Zn)を低下することであるから好ましい結果である。しかし、その反面不純物としての重金属成分(Fe、As 等)はより多く含まれる可能性が高くなる。一般には堆積場内を、それら重金属成分の水酸化物を生成する pH 域に維持されれば、その危険性は小さくなる。即ち、堆積場の場内をアルカリ側に維持し、排水を逆中和する設備の設置が必要となる。

未利用資源の利用では銅の回収や金の回収が検討されるが、回収フローによっては下記のような点を考慮しなければ、環境を悪化させる危険がある。

- 銅回収時の沈殿銅採取法の採用は、銅採取率はそれほど高くないので、置換後には多量の鉄イオンの中に少量の銅イオンが混じっている酸性排水が発生することになる。この排水は多量になることが多く、十分な処理が必要である。

- 金のリーチングでは CN リーチングが採収率的には有利であるが、リーチング後の CN 処理を十分に実施する必要がある。

前者では沈殿銅採取法の代わりに SX-EW 法も考えられるが、得られる銅濃度が低く経済性を維持することが困難であるのが一般的である。従って、銅濃度を高くする手段として銅の酸化浸出率を高めると同時に余分な水の混入を阻止する必要がある。基本的には排水の清濁分離を考えながら処理フローを決定する必要がある。

後者では CN リーチングのための設備と CN の分解方法の組み合わせを、環境保護の面から考慮して処理フローを定めなければならない。CN の分解方法には、アルカリ塩素法(二段分解法)、紺青法(難溶性錯化合物沈殿法)、揮散吸収法、紫外線分解法、電解分解法、加温加水分解法、微生物分解法、それらの組み合わせがあるが、適用できる CN 濃度域に違いがあり、適切な方法を選択しなければならない。

調査鉱山及びケーススタディに関する調査結果を環境要素別に対比した表(巻末資料 I の 6)にまとめる。



## (巻末資料 A) セルビア国の環境に係る法令

主要な法令を下記にあげる。旧ユーゴスラビア時代からの法令も生きていると思われる。

- Low on the Environmental Protection
- Low on Strategic Environmental Impact Assessment
- Low on Environmental Impact Assessment
- Low on Integrated Prevention and Pollution Control
- Low on Mining
- Low on the Geological Researches
- Low about Agricultural Soil
- Low about Forests
- Law on energetic
- Law on tourism
- Low about National Park
- Law on Plant Protection
- Law on the protection at work
- Law on public health protection
- Low on Planning and Constructing
- Low on Water
- Low on Waste Management
- Law on trade on explosive substances
- Law on Explosive Substances, Inflammable Liquids and Gases
- Law on Standardization
- Law on spatial plan of the Republic of Serbia
- Law on Enterprises
- Regulation on Permitted Noise Level in Environment
- Regulation on dangerous matters in the water
- Regulation on Handling Waste which has characteristics of hazardous substances
- Regulation on permitted quantity of dangerous and hazardous matters in the soil
- Regulations of the sanitary quality of the drinking water
- Decree on Watercourses classification
- Low about Ministries
- Law on local self-government
- Law on activities of municipalities
- Law on determining certain competencies for autonomous province

- Law on hydro-meteorological affairs of interest for the whole country
- Regulation on detailed conditions which must be fulfilled by professional organisations which perform emissions and imissions measurement
- Regulations on establishing networks and work programs of meteorological stations of interest for the whole country
- Regulation on Trashhold values, imission measuring methods, and criteria for setting-up of measuring points and data evidention
- Regulation on Emission Trashhold Values, Method and Deadlines for measuring, and data collecting
- Regulations on methods and minimum number of wastewater quality testing
- Regulations on methodology for chemical accident risk and environmental pollution assessment preparatory measures and measures for remediation consequences
- Decree on determining organizations that fulfill conditions for measuring noise in the human environment
- Decree on the Establishment of the Air Quality Control Programme in 2004 and 2005
- Water Master Plan of the Republic of Serbia
- Annual Programmes for Construction, Reconstruction and Maintenance of Water Management Facilities and Programmes for Construction, Reconstruction and Maintenance of Water Management Facilities.
- Annual Decree on the water use tax, water protection tax and tax on excavation of construction materials from water bodies.

etc.

(巻末資料 B)

水文気象学研究所の水文関係の地表水測定項目は毎年立案される測定計画に従って、下記の項目から 36～63 項目を選び実施されている。

流量(水位、流量)、温度(水温、気温)、官能項目(外観、臭気、色)、粒子項目(透明度、濁度、浮遊懸濁物)、酸素項目(溶存酸素、溶存酸素飽和率)、炭酸塩及び酸度アルカリ度項目(アルカリ度、全硬度、二酸化炭素、炭酸塩、重炭酸塩、炭酸カルシウム)、電気化学項目(pH、EC、全溶解塩化ナトリウム)、窒素項目(アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、有機性窒素、全窒素)、栄養素項目(リン酸態リン、全溶解態リン、全リン)、ケイ酸塩(溶解性ケイ酸)、無機成分陽イオン(Na、K、Ca、Mg)、無機成分陰イオン(Cl、SO<sub>4</sub>、CN、S)、マクロ要素金属(Fe、Mn、溶存態 Fe、溶存態 Mn)、ミクロ要素金属(Zn、Cu、全 Cr、Cr<sup>6+</sup>、Pb、Cd、Hg、Ni、溶存態 Zn、溶存態 Cu、溶存態全 Cr、溶存態 Cr<sup>6+</sup>、溶存態 Pb、溶存態 Cd、溶存態 Hg、溶存態 Ni)、半金属及び非金属(As、溶存態 As)、有機物項目(BOD5、COD-KMnO<sub>4</sub>、COD-K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>、全有機炭素、陰イオン界面活性剤、全石油炭化水素、多環芳香族炭化水素(フルオラテン、ベンゾ<sup>o</sup>(b)フルオラテン、ベンゾ<sup>o</sup>(k)フルオラテン、ベンゾ<sup>o</sup>(a)ハイレノ、ベンゾ<sup>o</sup>(ghi)ヘリレン、インチノ(1,2,3-cd)ハイレノ)、フェノール類、PCB 類(PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153, PCB180, PCB194)、タンニン、254nmUV 吸収物質、有機塩素系殺虫剤(α-HCH, β-HCH, γ-HCH,ヘキサクロベンゼン,ヘプタクロル,ヘプタクロルエポキシサイト,アブリン,エンドリン,DDE,ディルトリン,p,p'-DDD,p,p'-DDT, o,p'-DDT,オキシクロル)、除草剤(アトラジン、シマジン、フロハジン)、放射能指標(総β線量)、生物指標(Pantle-Buck 法汚濁階級指数、クロフィル a)、細菌指標(大腸菌群数、活性細菌総量)

更に水文気象学研究所の地下水の 30 の測定項目は、地下水中の化学種を分析し、地下水性状のダイヤグラムを作ったり、化学組成式(Kurlov)を求めるためのものらしく、環境測定とは異なる。一部に上記測定項目と重複するものもあると思われるが、分析目的が異なるため、同じ状態のものを分析しているか不明である。

Kurlov の化学組成式の例を下記に示す。

