

# ブルガリアの地熱・温泉開発状況とその課題 -EU加盟を間近に控えて-

玉生志郎<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

筆者は、2004年3月29日から5月3日までの5週間にわたり、独立行政法人 国際協力機構(以下、JICAと略記)技術協力専門家として、ブルガリアの地熱エネルギー資源の現状調査を行う機会を得た。その目的は、地熱エネルギー促進に関するプロジェクト形成で、相手国担当機関はブルガリア共和国エネルギー・資源省 エネルギー戦略局であった。本任務を遂行するにあたっては、駐ブルガリア日本大使館の市橋康吉大使、滝川利美一等書記官、JICAブルガリア駐在員事務所の香川敬三所長とその職員の方々、カウンターパートであったブルガリア共和国エネルギー・資源省 エネルギー戦略局のトドロバ氏、スラボバ氏およびその職員の方々にご協力を頂いた。特にJICAブルガリア駐在員事務所のストイロフ氏には関連機関・関係者とのインタビューや現地調査のアポイントメント、同行、通訳などすべてにわたって大変お世話になった。また、ブルガリア国内でインタビューに応じてくれた政府機関、科学アカデミー、大学、民間企業の地熱関係者および訪問先の地方自治体の市町村長、担当者、関連企業の方々には、貴重な情報を提供して頂いた。特に、シュテレ教授とボヤジエバ博士にはブルガリアの地熱について体系的に教示して頂いた。さらに、事前調査にあたっては日本国内のJICA担当者であった黒川清登氏、水口 大氏および同和鉱業(株)の佐藤庸一氏にお世話になった。以上の方々から感謝申し上げる。ブルガリアでの調査にあたっては筆者および関係者によるセミナーを3回(いずれもソフィア市内)、インタビューを20回以上行った。また、現地調査を行った地域の4地域では地元マスメディアからの取材を受けた。

ブルガリアには136の温泉が存在し、社会主義の時

代から温泉医療施設が整備されてきた。一方、温泉水のみならず温泉熱を室内暖房に利用したホテルも経営されている。しかしながら、商業用の地熱発電は行われていない。現在は地熱エネルギー関連プロジェクトが、世界銀行などの資金援助や民間独自の取り組みによって、ブルガリア南西部のサンダンスキー、ベニングラッド、サパレババニャなどにおいて実施されている。その地熱利用システムの総設備容量は熱量換算で約93MWhとなっている。ブルガリアのエネルギー・資源省も代替エネルギー資源の利用を支援していて、地熱エネルギー開発は地方経済発展にとって有益であると考えている。このような観点からエネルギー・資源省はJICAに対して地熱専門家の派遣を要請した。専門家の派遣目的はブルガリアのエネルギー事情、特に地熱エネルギーについて意見交換、現場視察、世界銀行からの資金援助を受けた調査の進捗状況等について調査し、今後の日本の協力の可能性について検討することであった。日本政府は上記の世界銀行の調査に対してUS\$770,000を拠出している。

## 2. 東欧の国、ブルガリアとは、どんな国か?

ブルガリア共和国の中央を東西にバルカン山脈が走る。北隣はドナウ川をはさんでルーマニア、南隣はギリシャ、西隣は旧ユーゴスラビアのセルビア・モンテネグロ、南東隣はトルコに、それぞれ接している。

ブルガリアというと日本人の多くはヨーグルトを思い出す。最近では相撲界で活躍している琴欧州の出身地として有名になった。ブルガリアにはワインやバラ油などの特産物がある。また、社会主義国としての時代には、ソ連経済体制の中で重化学工業や電気機械工業(コンピュータ産業を含む)が盛んな工業国で

キーワード:ブルガリア, 地熱, 温泉, JICA

1) 産総研 地圏資源環境研究部門



写真1 旧共産党本部.



写真3 国会議事堂.



写真2 大統領府.



写真4 科学アカデミーの建物.

あった。しかし、現在は西側諸国の製品におされて、多くの工場が操業停止に追い込まれている。そのため、余った電力を周辺各国に輸出している程である。発電の電源は約半分が原子力で、残りは国内炭による火力発電である。天然ガスによる発電は、最近増加してきている。ブルガリアは現状では農業国と言える。町で買い物をしてみると基本的な生活必需品(パン、野菜、乳製品などの農産物)は極めて安い。工業製品は一般に高い。ソフィアの街を歩いていると、あらゆる所にカフェやパブがあり、多くの庶民が酒、タバコ、コーヒー類を安い料金で楽しんでいる。そのため、酒飲み、喫煙者にとっては天国といえる国である。また、オペラなどが予約なしでいつでも鑑賞できる観劇天国でもある。一方、町には物乞いや未就労者(約15%)が多く、あまり治安はよくない。それに、放し飼いの犬がやたら多く、日中は寝そべってリラッ

クスしているものの、夜になると群れをなして騒いでいる。

首都であるソファは、急激にファッションナブルな町に変貌しつつある。町の中心部には旧共産党本部(写真1)や大統領府(写真2)などの立派な建物がそびえている。その近くには瀟洒な国会議事堂(写真3)や科学アカデミーの建物(写真4)がある。そのほか、町の中には美しい教会・寺院がたくさんある。その代表格がアレキサンダル・ネフスキー寺院(写真5)と聖ニコライ・ロシア教会(写真6)である。多くの教会はブルガリア正教会であるが、ユダヤ教の教会シナゴグ(写真7)やトルコ教会(写真8)もある。多民族国家であることを伺わせる。

市内にはデパートはまだ僅かしかないものの、ブティックなどがたくさんできて、街は賑やかである。露店もたくさんあり、活発な商いがなされている。街の中



写真5 アレキサンダル・ネフスキー寺院.



写真8 トルコ教会.



写真6 聖ニコライ・ロシア教会.



写真9 ソフィア市中心部にある温泉水汲み場.



写真7 シナゴーク.



写真10 改修中のトルコ式公衆浴場.





写真11 4世紀ローマ時代に建設された聖ゲオルギ教会(遠方)と浴場跡(手前)。



写真13 リラ山地の山容。



写真12 リラ僧院への入り口の町並みとリラ山地。



写真14 リラの僧院。

心部には温泉が湧いている場所があり、お湯汲み場(写真9)として一般市民に利用されている。元はトルコ式銭湯(写真10)として利用されていたが、現在は改修中である。また、聖ゲオルギ教会のそばには、浴場跡が残っている(写真11)。これらのことから、ソフィアは古代から温泉地であったことが理解できる。

ソフィアから南に120kmほどのリラ山地の山奥には、世界文化遺産であるリラの僧院がある。ここに行くには、まずソフィアからギリシャに南下する幹線道路を進んだ後、ブラゴエフグラッドの手前で左折する。この辺りからリラ山地を眺めた景色はのどかである(写真12)。リラ川を上流に進んでいくとだんだん山が迫ってきて、最上流部では、雪を冠った山が望まれる。その一部の山容(写真13)が米国シエラネバダ山脈とよく似ている。リラの僧院はかなり上流部の谷間



写真15 リラの僧院の天井に描かれているフレスコ画。

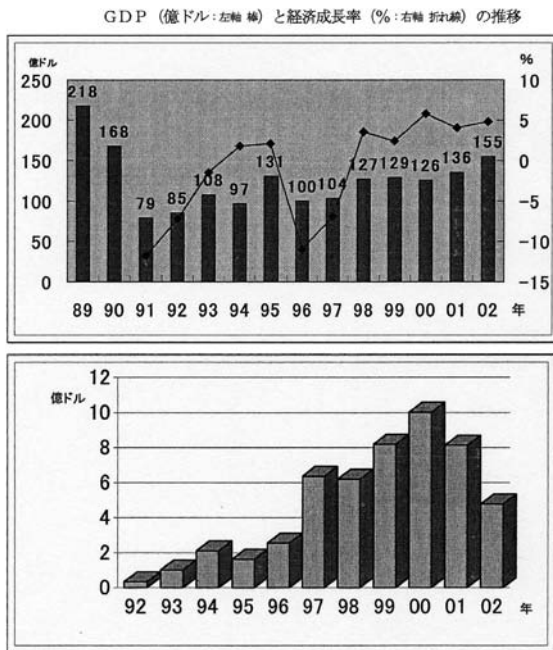
に位置している。その僧院は外側を宿泊施設に利用される4階建ての建物に取り囲まれて、その内部に肅然と建っていた(写真14)。その内部の天井には、見事なフレスコ画が描かれていた(写真15)。

ブルガリア語はロシア語と同様、キリル文字を用いているが、両者は異なる言語である。両方の言語に精通した人に伺ったところ、似た言葉も有るものの違った意味で用いられる場合も多いので、注意が必要であるとの事であった。

### 3. ブルガリアの歴史概要

ブルガリア人のルーツは民族移動してきたブルガース(西シベリアの遊牧民)とスラブ民族であると考えられている。681年に第一次ブルガリア帝国が誕生するが、1018年にビザンツ帝国に滅ぼされた。また、1187年に第二次ブルガリア帝国が誕生するものの、これもまた1396年にオスマン朝に滅ぼされた。その後、約500年間にわたりオスマン朝に支配されてきた。しかしながら、その支配は、多民族的な政治エリート達による支配であって、トルコ人そのものによる国家支配ではなかった。ブルガリアは9世紀頃にキリスト教を国教として受け入れていた。そのため宗教的にはオスマン朝からイスラム教への改宗が強要されたが、その実態は一方的なものではなく、多様な要素を内包していたようである。改宗は外来のムスリムと現地のキリスト教徒の融合や貢納義務の軽減や私的な動機での自発的改宗など多様であったようである。1878年に露土戦争(ロシアとトルコの戦争)でブルガリアはオスマン朝からの長い支配からやっと解放された。しかしながら、その後もブルガリアの歴史は波瀾万丈で、バルカン戦争、第一次世界大戦(ドイツ・オーストリア・ハンガリー側)、第二次世界大戦(日本・ドイツ・イタリア側)などに巻き込まれた。1946年に国民投票により、ブルガリア人民民主主義が発足し、社会主義の道を歩み始めた。1989年にベルリンの壁が崩壊した後、35年間続いたジフコフ政権も幕を閉じた。

“バルカンの火薬庫”というような言葉で有名なバルカンとは、ビザンツ帝国やオスマン帝国の影響を強く受けたという共通の歴史的体験をもつ地域として規定される。具体的にはアルバニア、ブルガリア、ルーマニア、ギリシャ、旧ユーゴスラビア(スロベニアを除く)とトルコのヨーロッパ部分から地域で、バルカン半



外国投資額 (億ドル) ※03年については、最高の15億ドルの見通し。

第1図 ブルガリアの過去約10年の経済状況。

島とも呼ばれている。

### 4. ブルガリアの経済とエネルギー開発状況

#### 4.1 概要

在ブルガリア日本大使館(2003)のブルガリア経済概況報告(2004年1月滝川利美氏作成)によると、ブルガリア経済概況は以下のように分析され報告されている。

ブルガリアは1991年の経済改革以降、10年以上経過しても未だ移行前の経済規模を回復するまでに至っていない。GDPは1989年の218億ドルから1991年には79億ドルまで落ち込み、2002年には155億ドルまで回復した(第1図)。世界経済が低迷する中でマクロ経済指標が確実に安定しているが、これは通貨委員会制度の導入やIMF及び世銀の経済構造改革要請によるところが大きい。他方、国営企業の民営化は2002年以降大型案件が進行せず、貿易赤字は依然として大きく、失業率をはじめとして都市部と地方部の生活水準格差も拡大傾向にある。今後は経済収支の格差をさけるためにも、構造改革と民営化を一層

推進し、外国投資を受け入れる環境整備を行いながら産業の振興を図り、併せて国民が実感する生活レベルの向上が課題である。国営公社の民営化では、タバコ、通信公社の民営化を促進させることが急務となっているが、電力配電公社及び地域熱供給公社などエネルギー部門の民営化も確実に進めていく必要がある。

#### 4.2 ブルガリアのエネルギー供給の状況

ブルガリア共和国エネルギー・資源省の報告に基づく、エネルギー供給の現状は、以下の通りである。原子力発電については、EUから安全面に配慮され削減を求められて、一部の原子炉は停止させた。

- 1) 地域熱暖房供給システムは今後とも最も安い熱供給手段として残る。
- 2) 次に競争力のある資源は石炭と木材である。
- 3) 電気と液体燃料(石油類)は経済的な利点が低下しつつある。
- 4) 将来予測としては、バイオマスの有効利用が最も有力視される。

#### 4.3 再生可能エネルギー開発の見通し

ブルガリア政府によって数年後のEU加盟を目指して、EU諸国の基準に合致した再生可能エネルギーの開発が検討されている。その検討事項は以下のようである。

- 1) 再生可能エネルギーとしては、10MW級小規模水力発電、地熱、太陽、風力、バイオマスが考えられる。
- 2) 各資源の理論的なポテンシャル・マップを作成する。
- 3) 各資源の開発利用可能性を評価する。
- 4) 各資源の開発への投資過程を明らかにさせる。
- 5) 利用段階や開発利用の見通しを明らかにさせる。

### 5. ブルガリアの地熱資源開発状況(総論)

#### 5.1 総資源量

ブルガリアの地熱資源量は、ブルガリア地質研究所による環境水省委託研究報告(Bulgaria, Ministry of Environment and Waters, 2004)に基づく、総流量4,600L/秒、利用可能熱量470MWt(>15℃)と推定されている。そのうちの10-15%が実際に利用できる

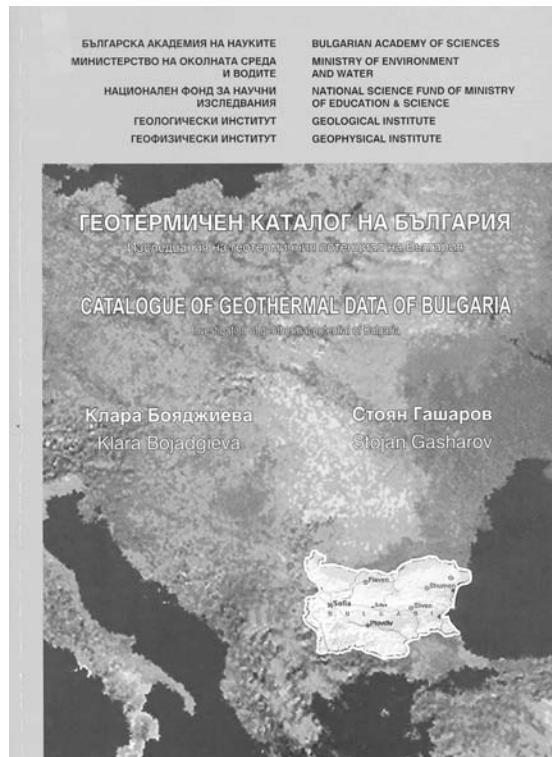
と仮定すると、利用可能な総熱量は47-70MWtとなる。

#### 5.2 利用状況

現在利用されている地熱は温泉保養とグリーンハウスに限られており、80%の熱は利用されずに河川などに放出されている。

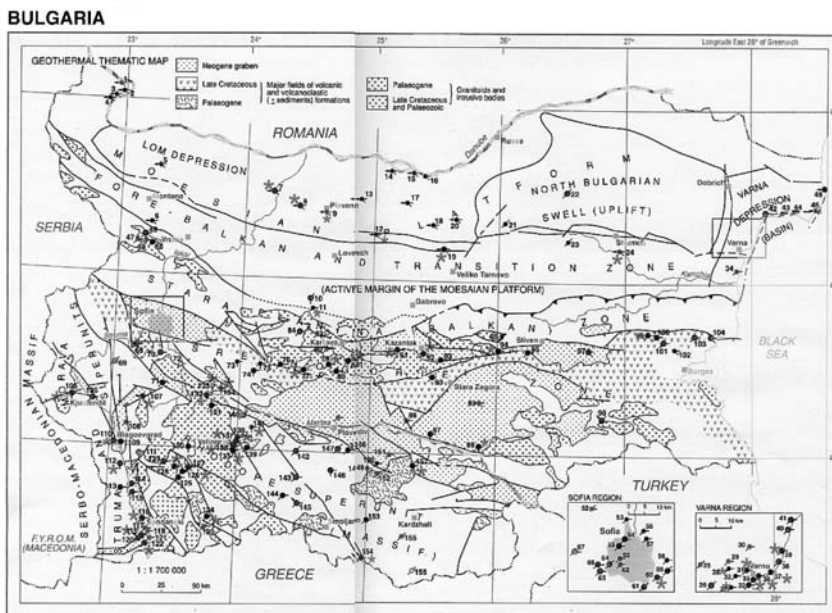
#### 5.3 ブルガリアの地熱資源の特徴

- 1) かなりの資源量がある。
- 2) 国産のクリーンなエネルギー資源である。
- 3) 多くの源泉は自然湧出している。
- 4) 暖房期間が相対的に長いいため、地熱資源は優位な資源と考えられる。
- 5) 電気料金などと比較すると、相対的に安いエネルギー源である。
- 6) 温泉療法への利用に関しては、長い歴史時代にわたる文化的背景がある。
- 7) 地熱開発において、新技術が適応可能である。

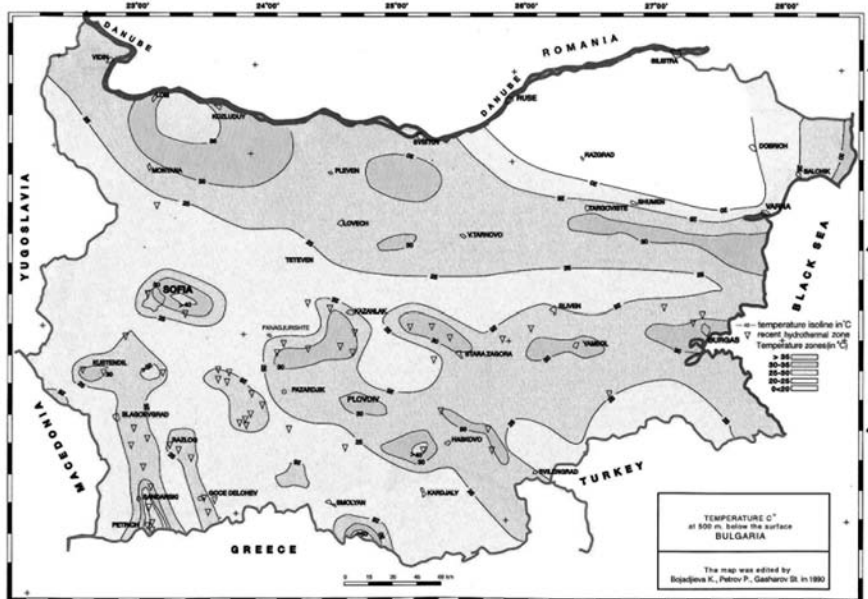


第2図 ブルガリアの地熱カタログ集の表紙。





第3図 ブルガリアの地熱・温泉地域分布図。



第4図 ブルガリアの地下500m深での等温線図。

### 5.4 資源評価と地熱資源図

いままでに多くの資源評価が実施されてきた。ブルガリアの地熱資源アトラスはヨーロッパの地熱資源アトラスの一部としてまとめられている (Shterev, K. and Zagortchev, I., 2002)。また地熱カタログ集 (第2図)

も作成されている (Bojadgieva, K. and Gasharov, S., 2001)。このような最近の資源評価に係わる主要な文献は、参考文献3), 4), 5), 13), 15), 16), 17)に記載したものである。これらの結果をみると、現時点においては十分満足な資源評価がなされていると判断

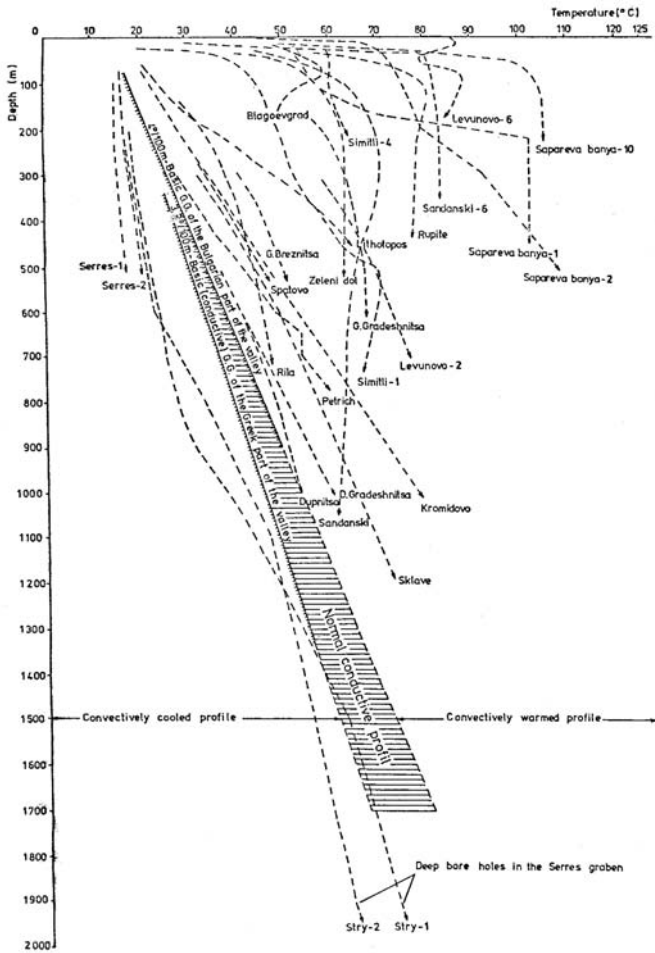


Fig. 3. Geothermal profiles (geothermograms) and regimes in different points of the Strymon valley

第5図 スツルモン リフトバレー地域の坑井温度曲線。

熱発電をバイナリーサイクルで行うためには、おおよそ150℃以上の大量の熱水が必要であることから、商業用地熱発電は難しいと判断せざるを得ない。参考までにスツルモン リフトバレーで掘削された坑井の温度検層から得られた温度曲線を第5図 (Shterev et al., 1995) に示す。

### 5.6 温泉医療への利用

ブルガリアでは古くから温泉医療が行われていた。社会主義体制の時には、健康省のサナトリウム健康リゾート地として運営されていたが、現在は民営化されてナショナルセンターのリハビリ病院となっている。ここでは温泉を利用した疾患予防、疾患処置、リハビリなどが行われている。施設としては、屋内外の温泉プール、ジェットマッサージ風呂、温泉療養室、泥療養室などがある。各温泉地の泉質に応じた療法が、温泉療法士の指導の基に施されている。したがって、病状に応じて、適した病院を選択して療養することになる。このような施設は、サンダンスキー、パベルバニヤ、ナレチェン、ポモリエ、キュステンデル、ヒサーリヤ、モミプロホド、ベリングラッド、オブチャモジラに存在する(第6図)。

できる。

その一例として地熱資源アトラス (Shterev, K. and Zagortchev, I., 2002) に記載されている地熱資源分布図 (第3図) と地下500m深での等温線図 (第4図) を示す。ブルガリアの地熱資源は、大局的に見ると北部では中生代の堆積岩の層状の空隙に賦存し、南部では高角フラクチャーの空隙に賦存する。

### 5.5 商業用地熱発電の可能性

ブルガリアで最も高い温度が確認されているのは、南西部のスツルマ川沿いに認められるスツルモンリフトバレーとピリン山地とロドピ山地でのNW-SE断層沿いである。この地域では浅部高温貯留層 (>90℃) が確認されている。しかしながら、商業用の地

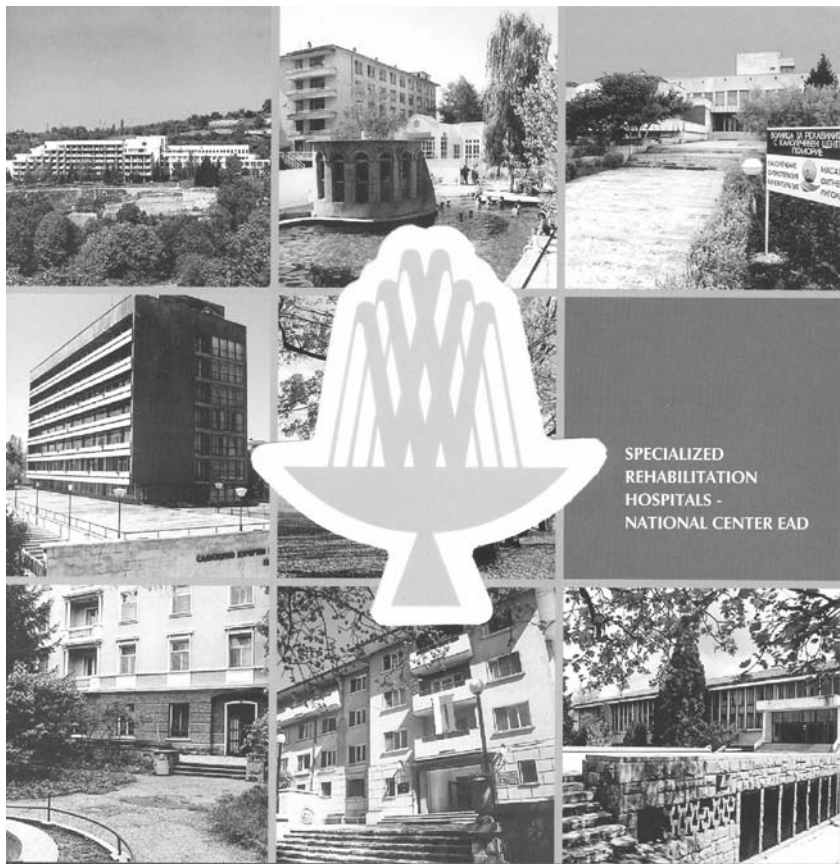
### 5.7 温泉水の熱利用

Hristovほか (2000) と Hristov and Bojadgieva (2003) を参考にして、温泉水の熱利用について紹介する。

1950-1980年代は70℃以上の高温の温泉水を用いて、配管と放熱板によって室内暖房、温室、温泉プールに直接熱利用してきた。このシステムでは配管内や放熱板でエロージョンやコロージョンが発生したために、長期間使用することができないケースが多発した。

1980-2000年代には、より低温 (50-60℃以下) で低流量 (30L/秒以下) の温泉水を用いて、室内暖房 (主に放熱板による) や給湯などの複合的な供給を行う間接地熱供給システムが使われるようになった。こ





第6図  
ブルガリアの特定リハビリ  
病院一覧。

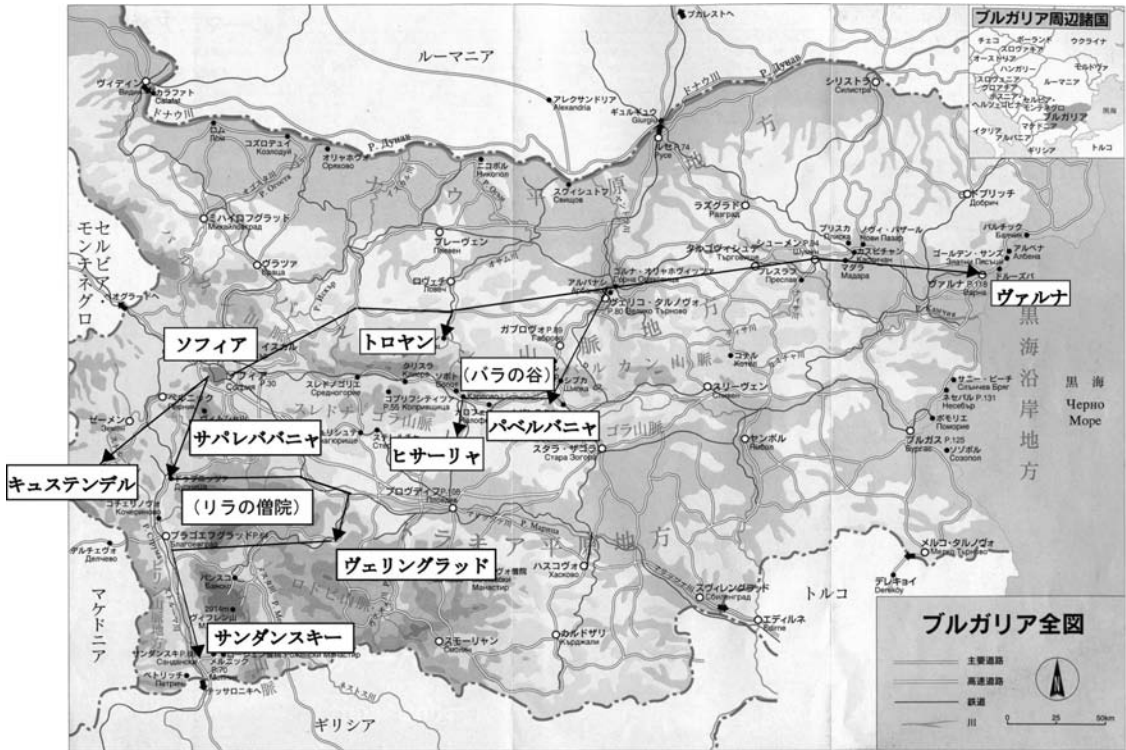
第1表 水-水タイプのヒートポンプを使った間接地熱供給システム一覧。

地 点	泉温 (°C)	ヒートポンプ 容量 (kW)	ユニット数	COP*1	稼働時間 (hr/yr)	熱エネルギー 換算(TJ/yr)
ヒサール	46	260	1	4.5	1051	0.765
バンキヤ	36	260	1	4.7	3013	2.22
サンダンスキー	40	1200	4	4.6	3819	12.91
セントコンスタンチン/ エレナ リゾート	42	5850	2	4.3	4774	77.16
ヴァルナー1	37	1500	4	5.8	4207	18.8
ヴァルナー2	55	2860	2	6.3	3849	33.34
ゴールデンサンズ (マグノリア ホテル)	30	1000	1	5.4	4496	13.19
ゴールデンサンズ (リビエラ)	31	350	1	4.9	3590	3.6

COP\*1 : Coefficient of Performanceの略

ここではヒートポンプのみを使用する方式、プレート熱交換器のみを使用する方式、また両方を併用する方式など、いろいろな選択肢がとられた。1999年半ばには95.35MWtまで設備容量が増加した。そのなかで、ブルガリアで普及している低沸点媒体を用いない

水-水タイプのヒートポンプを使ったシステムがある。このシステムを導入している地域は8カ所ある(第1表)。流量の高い黒海沿岸のヴァルナ、セントコンスタンチン&エレナ リゾート、ゴールデンサンズでは成功しているが、内陸部では一般的に流量が低いため



第7図 ブルガリアで現地調査を行った地熱・温泉地域。  
 基図として用いた地図は、「地球の歩き方」編集室(2003)から引用した。

効率があまり良くない。このタイプの間接地熱供給システムは、初期投資が高いことや優遇措置がないことなどの問題から1991年以降、新設されていない。

1999年以降は、地下水を用いたヒートポンプ(ジオヒートポンプ)が開発されるようになってきた。このシステムでは、ファンコイルを使って冷暖房を行うことができる。現時点ではまだ一部の場所ではしか採用されていないものの、熱効率が高いことから今後の導入が期待されている。

### 5.8 プロジェクトによる経済性評価

サパレババニヤでは、UNESCOの資金援助で地熱水の複合利用というプロジェクトが実施され、1999年に報告書がまとめられている。ここでは詳しいFS調査がなされており、コスト的にも環境保護の観点からも、地熱利用が有利であることが指摘されている。また、ヴェリングラッドでのPHAREプロジェクト(ブルガリア政府資金)においても、従来のシステムよりコストが大幅削減出来ることが実証されている。2000-2004

年には世界銀行の出資を受けて、地熱利用調査がなされた。

## 6. 地熱地域の現地調査

ブルガリアの主要な地熱地域を対象に現地調査を行った。その訪問地は第7図に示す通りである。

### 1) キュステンデル地域(老朽化した給湯施設)

ブルガリアの西縁部で、セルビア・モンテネグロとの国境に近いところに位置する。古くから温泉水を使ったリハビリテーション施設(写真16)がある。しかしながら最近では熱水供給量が低下して、施設の一部を閉鎖せざるを得ない状況になっている。その原因は湧出量自体が減少したためではなく、配管などが劣化して水漏れを起こしている可能性がある。熱交換器はかなり老朽化した黒鉛熱交換器(写真17)が使われている。トルコ教会の隣には、露天風呂があったが、お湯不足のためか、お湯



写真16 キュステンデルのリハビリセンター。



写真18 キュステンデルのトルコ教会と浴場。



写真17 キュステンデルの老朽化した黒鉛熱交換器。



写真19 サパレババニャの間欠泉。

が入ってなかった。(写真18)

この温泉地の特徴は以下の通りである。

- ・ 総湧出量：40坑井から33L/秒。現在は約6L/秒に減少。給湯用配管を取り替えて、27L/秒に回復させるプロジェクトが準備中。
- ・ 泉温：71.5-74.8℃
- ・ 化学成分：Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>
- ・ 溶存総量：0.276-0.920g/L
- ・ 利用(リハビリセンター)
- ・ 既存施設：1.25MWt地熱ステーション
- ・ 計画：新総合地熱利用システム～5MWt
- ・ 天然ガスによる地域熱供給システム(建設中)

## 2) サパレババニャ地域(開発が期待される長閑な農村)

ソフィアから南方に約70kmの所にある農村で、リラ山地の北山麓に位置する。坑井掘削によって100℃を超える熱水が確認されている。発見された間欠泉を、デモンストレーション用タワーを付加して、観光資源にしている(写真19)。温泉水は施設暖房、公衆浴場(写真20)に利用されている他、キュウリの温室栽培(写真21)に利用されている。ブルガリアでは料理に必ずトマトとキュウリが使われるため、ここで栽培される温泉キュウリはソフィアでいい値段で売れるとのことである。ここでは PHARE Projectの一環として詳しい地熱調査が行





写真20 サパレババニャの公衆浴場。



写真22 ヴェリングラッド保養所とその温水プール。



写真21 サパレババニャのキュウリ栽培の温室。



写真23 ヴェリングラッドの公衆浴場。

われ、坑井掘削データに基づく地熱系モデルが作成されている。

この温泉地の特徴は以下の通りである。

- ・湧出量：1坑井で16L/秒
- ・最高泉温：101℃
- ・温度：60-86℃
- ・化学成分：Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>, pH: 9.14
- ・溶存量：0.69g/L
- ・利用施設：スーパーセンター(200床の滞在型サナトリウムと1,000人の外来者受け入れ施設)
- ・既存施設：0.25MWt地熱ステーション
- ・PHAREプロジェクト, 1997：地熱地域供給システム(11MWt) (Bojadgieva, *et al.*, 1999)

### 3) ヴェリングラッド地域とその周辺部(豊富な地熱資源を有する山間都市)

ソフィアから南東方に約100kmの所に位置する。

リラ山地とロドピ山脈に挟まれた山間地に開けた都市である。ヴェリングラッド市内南部の街角には、温泉用の水汲み場がたくさんある。また立派な温泉プールを備えた温泉保養所(写真22)や地元住民の公衆浴場(写真23)がある。温泉の温度と化学成分濃度は、町の南部から北部に向かって、上昇する。フリストボトフ小学校はPHARE Projectにより、熱水利用の暖房が可能となった。

北隣村では、新たな坑井掘削で100℃を超える熱水が発見され、それをを用いて小学校(写真24)、村役場、教会などが暖房されている。温水プールも建設中であった。

この温泉地の特徴は以下の通りである。

- ・総湧出量：～160L/秒
- ・泉温：35-95℃
- ・化学成分：Na-F-Si-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>
- ・南部から北部に向かって、温度、溶存化学成



写真24 ヴェリングラッド北隣村で、温泉で暖房されている小学校。



写真26 サンダンスキーの高級ホテルの間接地熱供給システム。



写真25 サンダンスキーの高級ホテル。



写真27 サンダンスキーの太陽熱を利用した温水器。

分、フッ化物、ラドン量が増大する。

- ・ 利用施設：施設の整った温泉医療施設(近代的なサナトリウムとホテルを併設)
- ・ 既存施設：ユースクラブ(0.15MWt) チェピン郊外の学校(0.9MWt)、プール、温室、公共浴場
- ・ 北隣の村では、学校や公共施設での暖房に利用している。

#### 4) サンダンスキー地域(商業化の進んだ観光都市)

ギリシャ国境に近いブルガリア南西部を代表する商業都市である。サンダンスキー スーパー ホテルに代表されるように、観光ホテルでは熱水を温泉療法、室内暖房、給湯、プールなどに多目的に利用している(写真25)。水-水タイプのヒートポンプ(写真26)を利用した室内暖房が行われている。こ

の町では市場がリードして地熱利用を進めている。一年中を通して晴天の日が多いため、各建物の屋上には、太陽熱を利用した温水器(写真27)が設置されている。

この温泉地の特徴は以下の通りである。

- ・ 総湧出量：3地点から20L/秒
- ・ 泉温：35-83℃
- ・ 化学成分：Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>, pH: 7.6-9.0
- ・ 市は温泉利用施設として病院と公衆浴場を所有
- ・ サンダンスキー スーパー ホテルでは温水を温泉療法や暖房に効果的に利用
- ・ 温水を利用した観光ビジネスは順調。
- ・ 年間274日も晴天であるため、新エネルギー導入の意欲は低い。
- ・ 太陽熱を利用した温水器は多くの建物の屋根に



写真28 トロヤンの温泉ホテル。



写真30 ヴェルナの黒海沿岸のホテル。



写真29 トロヤンの温泉プール。



写真31 ヴェルナのホテルの間接地熱供給システム。

設置されている。

#### 5) トロヤン地域(山奥の温泉リゾートホテル)

ブルガリア中央部を東西に走るバルカン山脈の北側に位置する。ここは陶器の町として有名である。ここから南方に入ったバルカン山脈の麓に熱水を利用した何軒かのホテルがある(写真28, 29)。1本の坑井からの湧出量は低下してきているが、利用施設が限られているため、現在の所、問題は生じていない。

この温泉地の特徴は以下の通りである。

- ・ 二つの温泉地域：シプロバとチフリック
- ・ チフリックでは源泉からの湧出量が30から5L/秒に減少
- ・ 熱水を利用した観光開発に意欲を持っている

#### 6) ヴェルナ黒海沿岸地域(ブルガリア最大の国際リゾート地)

黒海沿岸には、温泉水を多目的に利用した観光ホテル(写真30)がたくさんあり、夏には観光客であふれる。ここの温泉は被圧されていて、一般に流量が高い。この資源を用いて水-水タイプのヒートポンプを利用した間接地熱供給システム(写真31)が稼働している。この近くの海岸には露天風呂が有り、冷たい北風の中、数人が入浴を楽しんでいた(写真32)。

この温泉地の特徴は以下の通りである。

- ・ 海洋リゾートと温泉地(治療と予防)
- ・ 近代的な国際リゾート地(バルナ市, ゴールデンサンズ, リビエラ, セイントコンスタンチン, エレナなど)
- ・ 泉温: 30-52℃(北方に向かって低下)





写真32 ヴァルナの露天風呂。



写真34 パベルパニャの温泉療養ホテル。



写真33 パベルパニャのリハビリセンター。



写真35 ヒサーリャの城郭。

- ・ 流量：ヴァルナ市＝22L/秒 (52℃)，セントコンスタンチン&エレナ＝43L/秒 (48℃)，アルヘナ＝6L/秒 (30℃)
- ・ 化学成分：TDS＝0.611-0.673g/L，  
Na-Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>，Na-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl-SO<sub>4</sub>
- ・ 地熱供給システム：ヴァルナ市 (2.5, 3.5MWt)，チャイカ・リゾート (2.0MWt)，セントコンスタンチンとエレナ (15MWt)，ゴールデンサンズ (0.35 MWt)

7) パベルパニャ地域 (温泉医療施設が完備された田園リゾート地)

ブルガリア中央でバラの谷と呼ばれるカザンラクの西方約25kmに位置する。こじんまりした町の中に、立派なりハビリセンター(写真33)と温泉療養

ホテル(写真34)が存在する。この温泉地の特徴は以下の通りである。

- ・ 湧出量：3本の坑井から14L/秒
- ・ 泉温：63～67℃
- ・ 日本からの草の根援助で温泉配管とポンプを更新した
- ・ リハビリテーション・センターと病院・ホテル複合施設をもつ。

8) ヒサーリャ(古代温泉都市)

パベルパニャの南西約45kmの所に位置する、ここは歴史的遺産が残る温泉町である。城郭の門(写真35)を入ると、古代の温泉都市の趣がある。温泉公園の中には、昔の浴場跡や現在利用されている温泉水汲み場(写真36)がある。



写真36 ヒサーリヤの温泉水汲み場。

## 7. 最終調査報告書

### 7.1 地熱開発促進の阻害要件

- 1) 地熱利用を促進させるような体系的な法律の不足。
- 2) 坑井からの熱水のモニタリング・データ(流量、温度など)が公開されていない。
- 3) 排温水を効果的に使用する技術の適用不足。
- 4) 多くの人々は既存の資源の使用のみに興味を持ち、流量の減少や排熱利用を考慮していない。
- 5) 有識者よりなる審議会やアドバイザー委員会が欠如している。

### 7.2 阻害要因を克服するための提案

#### 1) 短期での提案(2-3年)

優先順位1: 温水使用の許可, 使用料が使用目的により異なっている, その体系的な法律改正が必要である。

優先順位2: 環境水省は, 全国の温泉モニタリング・データを早急に公開すること。

優先順位3: 有識者よりなる諮問委員会ないしはアドバイザー委員会を設けること。

優先順位4: 熱水の効率的な利用を実施している技術者や投資家を顕彰すること。

#### 2) 長期での提案(5年程度)

優先順位1: 既存坑井のリハビリと検層を行うこと。

優先順位2: 熱交換器, ヒートポンプ, 配管, ポンプな

どの高性能なものへの更新と循環風呂・還元井などの新設を行うこと。

優先順位3: 地熱エネルギーに関する資源評価・利用技術開発・経済性評価・データセンターなどを統一的行うための研究所を設立すること。

優先順位4: 地熱エネルギーはローカル資源であることから, 現在国が所有している地熱井の多くを, 地方自治体に委譲すること。

優先順位5: 新しい資源の発見を促進させるため, 新規の掘削や調査に対して, 優遇策を施すこと。

## 7.3 地熱エネルギー分野における日本の技術協 カプロジェクト形成の可能性の検討

今回の調査によれば, ブルガリアの地熱開発促進における最大の阻害要因は, ソフト面では法律の不統一で, ハード面では既存の坑井や熱抽出機器の老朽化である。最優先されるべき技術課題は, 坑井(特に口元)と熱抽出機器(熱交換器, ヒートポンプ, 配管, ポンプなど)の修理・更新である。したがって, これらに関して, 日本政府が技術指導や資金援助を行うことが望まれる。

また, ブルガリアの温泉の利用に関しては, さまざまな法律が複雑に関わりあっている, それらの体系化が緊急な課題となっている。日本の法体系などをカウンターパートに助言することは, 有用と思われる。

このような提案は, 残念ながら結果としてJICAのプロジェクト技術協力としては採択されなかった。大きな発電所をつくるようなプロジェクト提案ではなかったため, 採択が困難であったように思われた。また, JICAの方針も大きく転換して, 東欧諸国よりもアフリカへの援助に重点が置かれるようになった。このようなことも不採択になった原因の一つかもしれない。

## 8. 今後

今回のブルガリア訪問で, 新生ブルガリア政府の苦勞を一部垣間見た思いである。ブルガリアは教育先進国で優秀な人材がたくさん輩出しているにも拘わらず, 多くの人々が海外に出ていってしまう国内事情がある。また, 新政府になって, 政府高官に多くの若手を登用したが, どれだけ現状に合致した行政が実行

できるのか厳しく問われているように感じた。EU加盟もぎりぎりの段階になっている。ブルガリアが主体的にEU加盟を果たし、着実な国作りが進むことを心から願っている。

また、これまで在ブルガリア日本大使館やJICAブルガリア駐在員事務所が実施してきたブルガリアへの技術協力や青年協力隊員を通じた協力に対して、心から敬意を表したい。青年協力隊員の純粹で献身的な協力活動に対しては、頭の下がる思いである。政府間協力のみならず、民間レベルでの協力も着実に進んでいるように感じた。今後、日本-ブルガリアの友好関係がますます推進することを願って、本報告の結びとする。

#### 参 考 文 献

1. 明石和美・長谷川朝美 (2002) : 神様がくれた国 ブルガリア ～空・海・大地と食の旅～. (株)愛育社 発行.
2. Bojadgieva, K., Dipchikova, S., Benderev, A. and Koseva, J. (2002) : Thermal waters and balneology in Bulgaria. *GHC Bulletin*, vol. 23, no. 1, p.18-25. Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, Oregon, USA.
3. Bojadgieva, K. and Gasharov, S. (2001) : Catalogue of Geothermal Data of Bulgaria. GorexPress, Sofia.
4. Bojadgieva, K., Hristov, H., Hristov, V. and Benderev, A. (2000) : Status of Geothermal Energy in Bulgaria. *Proceedings of World Geothermal Congress 2000*. Kyushu-Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000.
5. Bojadgieva, K., Hristov, H., Hristov, V., Benderev, A. and Toshev, V. (2005) : Geothermal update for Bulgaria (2000-2005). *Proceedings of World Geothermal Congress 2005*. Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.
6. Bojadgieva, K., Sterev, K., Hristov, H. and Balabanov, M. (1999) : Complex utilization of geothermal water in the town of Sapareva Banja (SW Bulgaria). High Priority National Project, Bulgaria.
7. Bulgaria, Ministry of Energy and Energy Efficiency Agency: What does the RES means ?.
8. Bulgaria, Ministry of Energy and Energy Efficiency Agency: Investment process with utilization of geothermal energy.
9. Bulgaria, Ministry of Environment and Waters (2004) : Re-estimation of the resources of geothermal energy in Bulgaria. Contract report, no. 69/06.04.98.
10. 「地球の歩き方」編集室 (2003) : 地球の歩き方 A28ブルガリア/ルーマニア 2003～2004年度. (株)ダイヤモンド・ビッグ社発行.
11. Hristov, H. and Bojadgieva, K. (2003) : Heat pumps application in Bulgaria. EGC 2003, European Geothermal conference, Szeged, Hungary, 25+30 May, 2003.
12. Hristov, H., Nikorova, N. and Bojadgieva, K. (2000) : Utilization of geothermal waters for space heating in Bulgaria. *Proceedings of World Geothermal Congress 2000*. Kyushu-Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000.
13. Petrov, P., et al. (ed) (1998) : Reassessment of hydrogeothermal resources in Bulgaria. Report for the Ministry of Environment and Waters, National Geofund Sofia, Bulgaria (in Bulgarian).
14. 柴 宜弘 編 (1998) : 新編世界各国史18, バルカン史. 山川出版社 発行.
15. Shterev, K. (1998) : Geothermal resources and projects in Bulgaria (State-of-the-Art and Prospects). International workshop on heating greenhouses with geothermal energy.
16. Shterev, K. and Zagorchev, I. (1996) : Mineral waters and hydrogeothermal resources in Bulgaria. *GeoJournal*, 40.4: 397-403.
17. Shterev, K. and Zagortchev, I. (2002) : Bulgaria, Geothermal thematic map (Plate 10). in *Atlas of Geothermal Resources in Europe*. European Commission.
18. Shterev, K., Zagortchev, I. and Shterev, D. (1995) : Geothermal resources and sytems in the Struma (Strymon) rift valley (Bulgaria and Greece). *Proceedings of the World Geothermal Congress 1995*, Florence 2, 1185-1191.
19. 田島高志 (1994) : ブルガリア駐在記 外交官の体験と回想. 恒文社 発行.
20. 在ブルガリア日本大使館 (2003) : ブルガリア経済概況.

---

TAMANYU Shiro (2006) : Present status and subjects to be solved on geothermal energy exploration in Bulgaria -at the approaching stage of joining in the European Union-.

---

<受付: 2006年6月1日>