

平成 15 年度

地球温暖化防止のためのクリーン開発メカニズム及び共同実施

事業調査に係るフィージビリティ調査

ロシア連邦イルクーツク州での地中熱利用ヒート

ポンプによる地域暖房可能性基礎調査

概要報告書

平成 16 年 3 月

委託元 財団法人 地球環境センター

委託先 日本重化学工業株式会社

調査名：ロシア連邦イルクーツク州での地中熱利用  
ヒートポンプによる地域暖房可能性基礎調査  
委託先名：日本重化学工業株式会社  
作成年月日：平成 16 年 3 月

調査目的

化石燃料による地域暖房システムによる温室効果ガスの排出量を削減することを目的に、既存暖房システムの一部を地中熱ヒートポンプシステムに置換するための基礎調査を行う。

## まえがき

本報告書は、平成 15 年度地球温暖化のためのクリーン開発メカニズム及び共同実施事業フェージビリティ調査の一環として行った“ロシア連邦イルクーツク州での地中熱利用ヒートポンプによる地域暖房可能性基礎調査”の調査結果をとりまとめたものである。

本調査は、財団法人地球環境センターからの委託により日本重化学工業株式会社が実施した。本調査の実施にあたり、財団法人地球環境センターから多大なご支援とご指導をいただいた。また、現地調査にあたり、ロシア科学アカデミー、JSC イルクーツクエネルギー、グランドバイカル LLC および地元イルクーツク州政府から多大なご協力をいただいた。

ここに記して、深く感謝の意を表する次第である。

平成 16 年 3 月

日本重化学工業株式会社

代表取締役社長 米津 淑郎

## 目 次

. 概要	1
. 相手国の基本情報	2
. イルクーツク州のエネルギー事情等	3
. プロジェクト内容	4
. ベースライン方法論	5
. プロジェクト効果	6
. 環境影響分析	7
. プロジェクト実施における資金計画	7
. 経済性の検討	7
. 想定される利害関係者に及ぼす影響	7
. モニタリング計画	8
X . まとめ	8

## ．概要

### 1．調査目的

本調査は、「地球温暖化防止のためのクリーン開発メカニズム及び共同実施事業のフィージビリティ調査」の一環として行うもので、ロシア連邦イルクーツク州において化石燃料による地域暖房システムにおける温室効果ガスの排出削減を目的に、既存システムの一部あるいは全部をヒートポンプシステムに置換するための可能性基礎調査である。

### 2．調査内容

現地データに基づいて、ヒートポンプ暖房システムを設計し、そのシステムの温室効果ガス削減効果、リーケージ、モニタリング、環境影響評価、費用対効果、プロジェクト効果等について解析した。解析結果に基づいてシステムの技術的及び経済的検討を行い、事業的な実現可能性を評価し、関連する社会制度的な側面について検討した。調査対象は、「グランドバイカル LLC」が所有するリゾート施設であり、電気ボイラーにより温水を造成し、建物の暖房、温水プール、療養設備等に供給している。調査地点はイルクーツク州イルクーツク市郊外にあり、アンガラ川の右岸に位置する。

### 3．調査工程

調査は、既存データ調査、既存暖房システムの検討、ヒートポンプ暖房システムの設計、その技術的経済的検討、及びその JI 事業性検討からなる。現地調査は計 3 回行い、プロジェクトサイトの調査、各種データの収集及びロシア側カウンターパートとの技術的検討を行った。

### 4．調査体制

本調査は日本重化学工業株式会社が受託し、エネルギー部が主体となり実施した。また、日重建設株式会社にヒートポンプ暖房システム設計の一部を外注した。ロシア側カウンターパートは、ロシア科学アカデミー、JSC イルクーツクエネルゴおよびグランドバイカル LLC である。

### 5．調査結果

プロジェクトにおいて、既存の暖房・給湯システムにおいて、ヒートポンプで供給可能な温度範囲について適用し、これにより電気エネルギーおよび排出する温室効果ガス等を削減するものである。システムは、ヒートポンプ、ブラインポンプ、熱原水ポンプ、沈砂排水ポンプおよび温水ポンプから構成される。このシステムの稼働により、見込まれる温室効果ガスの排出削減量は以下のとおりである。ベースラインにおける温水造成システムの使用電力量は 12,578 MW/年、使用石炭量は 8,100 ton/年、CO<sub>2</sub> 排出量は 23,898 ton/年である。これに対して、プロジェクトを実施した場合の温水造成システムの使用電力量は 8,403 MW/年、使用石炭量は 5,412 ton/年、CO<sub>2</sub> 排出量は 15,916 ton/年と推定される。したがって、CO<sub>2</sub> 排出削減量は 7,982 ton/年と見込まれる。

ヒートポンプシステム導入のための設備費用は、50%負荷の場合が 1,109 thousand US\$, 100%負荷の場合が 2,152,3 thousand US\$と見込まれる。この場合、年間売上高

は 50%負荷の場合が 299.9 thousand US\$, 100%負荷の場合が 598.8 thousand US\$と試算される。減価償却を定率法で行った場合の投資回収期間はほぼ 4 年である。

## ．相手国の基本情報

### 1．一般的情報

ロシア連邦の国土の面積は世界最大の 17,075,200 km<sup>2</sup> であり，そのうち 79,400 km<sup>2</sup> を水域（カスピ海等）が占める。気候は，全般に大陸性寒冷気候で，夏季と冬季の気温差が大きい。人口は，2003 年 7 月時点で 144,526,278 人である。

### 2．政治

国家の正式名称は，ロシア連邦（Russian Federation）である。政治体制は共和制であり，共和国や州等 89 の構成要素からなる連邦国家である。

### 3．経済

ロシア経済は 1998 年に金融危機におちいったが，1999 年以降は好調に転じ，2000 年には経済成長率（GDP）は 10%という高い成長を示した。主要産業は，鉱業（石油，天然ガス，石炭，鉄鉱石，金，ダイヤモンド等），鉄鋼業，機械工業，化学工業等である。主要輸出品は石油，天然ガス，木材，金，非鉄金属等である。主要輸入品は機械設備，食料品，穀物等である。

### 4．エネルギー

一次エネルギーの確認埋蔵量は，石炭が 1,570 億トン，原油が 67 億トン，天然ガスが 47,700 億トンであり，非常に豊富である。ロシアのエネルギー戦略は，エネルギー消費効率の向上およびエネルギーの節約（省エネルギー）を基本とする。

### 5．環境

ロシア連邦政府は，環境保全を長期的な国策の 1 つと位置付けている。つまりエネルギーの開発利用を含む産業活動と，自然生態環境の保全は社会発展の両輪と位置付けている。産業の発達にもとづく環境汚染も問題化している。最も環境汚染として著しいのは，重化学工業からの排出物質による大気汚染，有害物質に地下水汚染があげられる。

### 6．JI への取組状況

京都議定書は，2008 年から 2012 年までの第一約束期間において，先進国全体で CO<sub>2</sub> などの温室効果ガス排出を 1990 年比で 5.2%削減する数値目標（排出割当量）を設定している。ロシアは，1990 年と同一水準（マイナス 0%）に排出量を抑えることが求められている。現在までに，ロシアは京都議定書を批准していない。京都議定書に対する国会における関心は高まりつつあり，批准に前向きな勢力が力をつけつつあると評価される。しかし，批准に対しては，賛否両論がある。

### 7．本プロジェクトの意義及びニーズ

ロシア連邦政府および州政府は，石炭等の化石燃料主体のエネルギーを，温暖化ガス

排出の少ないクリーンエネルギーに転換する政策を進めている。ヒートポンプにおける熱源は多様であり、地球上に普遍的に存在する。このような状況からヒートポンプによる暖房・給湯システムは、イルクーツク州を含むロシアの全土においてニーズが高い。

## ・イルクーツク州のエネルギー等情報

### 1．地理・環境

イルクーツク州はアジアロシアの中央部に位置しており、同時に東シベリアの南部のアンガラ川、レナ川およびニズナ・ツングースカ川の上流域に相当する。イルクーツク州の面積は 774,800 km<sup>2</sup> であり、これはロシア連邦の全面積の 4.6 %に相当する。2004 年始めにおけるイルクーツク州の人口は、ウスト - オルダ ブリヤート自治区を含めて、2.7 百万人である。州の人口密度は低く、3.4 人/km<sup>2</sup> (ロシアの平均人口密度は 8.7 人/km<sup>2</sup>) である。州の気候は、典型的な大陸性寒冷気候である。寒冷で長い冬季、比較的豊富な降水をとまなう夏季に代表され、結霜期は長い。イルクーツク州における主要な環境問題は、市街地と工業地区における大気汚染である。

### 2．社会・経済

イルクーツク州は 33 の地区に区分され、この中にはウスト - オルダ自治区の 6 地区を含む、イルクーツク州には、37 行政単位が存在する。イルクーツク州の州都はイルクーツク市で、その人口は 578,000 人である。主要産業は、鉱業、エネルギー産業、アルミニウム工業、石油化学工業、木材産業、紙 - パルプ産業、重機械工業である。イルクーツク州の総地域生産 (GRO) は、2000 年において、現在の価格水準で 106.9 億ルーブルに達した。これは、前年度に比較して 6.1 %の成長を示す。

### 3．地質・水理地質

イルクーツク州は、その西部がシベリア卓状地 (先カンブリア紀)、東部がトランスバイカル褶曲山地 (古生代) からなり、その境界部がバイカルリフトゾーン (バイカル湖地域) である。シベリアに特徴的な地質として、厚さ数 m ~ 数 10m におよぶ永久凍土層の存在があげられる。水を保有する層準および第四紀から下部カンブリア紀堆積物にいたる複合体は、地下水のリチャージ地域によって特徴づけられる。

### 4．電力供給

イルクーツク州において、熱電発電所および水力発電所が電力産業の基幹をなす。それらの定格電力は、13,251.6 MW に達する。発電出力のピークは 1989 年であり (75.48 billion kWh)、熱エネルギーの最大値は 1991 年に供給された (44.8 million Gcal)。2002 年において、これらの値は多少低下した。

### 5．暖房システム

イルクーツク州の熱は、JSC イルクーツクエネルゴの 13 の熱電発電所、他の会社の 4 つの熱電発電所によって供給されている。州内における熱供給システムは、2 つの基本

的タイプ（集中化システム，非集中化システム）からなる。暖房システムにおいて，供給される熱媒体の最高温度は 95 として設定される。および戻り水は 70 として設定される。

#### 6．水供給システム

イルクーツク州において，年間 175～180 km<sup>3</sup> に達する水資源が使用される。イルクーツク州における 1 人あたりの水の消費は，307 L/日である。イルクーツク州には，203 の集中化された水供給システムが存在する。

#### 7．料金政策

イルクーツク州において 2 つの料金システムが存在する。

#### 8．遠隔地のエネルギー供給

イルクーツク州において，集中化した電力供給のネットワークに含まれていない居住地は 130 以上にのぼる。遠隔地は輸送主要ラインから遠く離れており，燃料輸送が複雑であり，エネルギーコストも高い。

#### 9．代表的地域のエネルギー施設

6 地点のエネルギー施設について，暖房施設，気象条件，熱消費，暖房および温水供給の仕様を調査した。

### ．プロジェクト内容

#### 1．プロジェクトの目的

ロシア連邦イルクーツク州において温室効果ガス排出量を削減することを目的に，この既存暖房システムの一部あるいは全部をヒートポンプシステムに置換するための基礎調査である。

#### 2．プロジェクトサイト

プロジェクトサイトは，ロシア連邦イルクーツク州イルクーツク市から 43km 離れたアンガラ川の右岸に位置する。プロジェクト対象設備は，グランドバイカル LLC により経営されているリゾート施設（Health and Holiday Center “ELEKTRA”）である。この施設はリゾート施設であり，風光明媚な景観地にあるため周辺の環境保全に非常に留意しており，暖房システム等の熱源としてクリーンエネルギーを必要としている。熱源は石炭火力発電所で生産した電力であり，この電力から電気ボイラーで温水を造成しているが，熱効率が非常に低い。

#### 3．プロジェクトの内容

プロジェクトサイトの既存暖房システムの一部を，ヒートポンプ暖房システムに置換する。既存の暖房システムは，温水の造成給湯設備（電気ボイラー 4 台他），利用設備（暖房，療養，プール等），排水処理設備等から構成される。新規に設置するヒートポンプ暖房システムは，温水造成設備（熱交換器，ヒートポンプ，混合槽，貯湯槽）を主体とす



る。

#### 4. 本プロジェクトの相手国における位置付け

省エネルギー政策の観点から、集中暖房システムとその設備の近代化、効率化が必要とされる。同時に、環境保全政策の観点から、CO<sub>2</sub>を大量に排出する暖房システムからクリーンな暖房システムへの転換が求められている。本プロジェクトの直接のカウンターパートは、“ グランドバイカル LLC ” であり、技術的及び財政的にロシア科学アカデミーと JSC イルクーツクエネルゴの支援を受けている。温水造成・供給システムの設計、施工、試運転の段階において、現地で技術指導により相手先に技術移転を行う。

#### 5. プロジェクトの技術内容

水などの流体のポンプは、低位置にある水を高位置に流送するための装置である。これと同様に、ヒートポンプは低温の熱溜りから高温の熱溜りに熱を送る装置である。熱源は、河川水、地下水、下水、坑井が可能である。本プロジェクトでは、河川水をヒートポンプの熱源とした。現在の暖房システムは、石炭火力発電による電力を使用した電気ボイラーで温水を造成しているため、石炭燃焼による CO<sub>2</sub> 排出をもたらす。ヒートポンプシステムは、現在消費電力量を低減することにより、CO<sub>2</sub> 排出量を削減する。

### ． ベースライン方法論

#### 1. ベースラインシステム

ベースラインとは、当該プロジェクトが実施されなかった場合に排出されていたであろう温室効果ガス排出量の予測シナリオである。本プロジェクトにおいて、石炭火力発電・熱供給システムをベースラインシステムとした。

#### 2. ベースラインの詳細

プロジェクトバウンダリーは、プロジェクトサイトが周辺の居住地、集落と完全に分離独立していることから、明確に区別することができる。CO<sub>2</sub> ガス削減はプロジェクトサイト内の暖房および給湯に限定される。

本プロジェクトでは、ヒートポンプを使用して温度 55℃ まで昇温させて、温水を造成する。このための電気ボイラーの使用電力量がほぼ半減することから、CO<sub>2</sub> ガスの排出量も半減する。CO<sub>2</sub> ガスの削減量は電力量の削減量と比例関係にある。

年間の使用電力量 (MW/年) は、12,578 MW/年である。ヒートポンプ稼働により得られる熱量を、電気ボイラーで発生させた場合の使用電力量は 7,969 MW/年である。ヒートポンプ効率 (COP) が 2.1 であることから、ヒートポンプ稼働による使用電力量は、3,795 MW/年である。すなわち、削減される電力量は 4,174 MW/年となり、削減率は全体の使用電力量の 33.2 % となる。ベースラインでの温室効果ガス排出量は 23,898 ton CO<sub>2</sub> /年である。プロジェクトケースにおける温室効果ガス排出量は、ベースライン温室効果ガス排出量 (ton/年) × (1 - 削減率) の関係から 15,964 ton CO<sub>2</sub> /年である。プロ

ジェクトケースにおける温室効果ガスの削減量は、7,934 ton CO<sub>2</sub> /年である。

プロジェクトバウンダリー内では、CO<sub>2</sub> ガスの発生はない。バウンダリー外の石炭火力発電所において、CO<sub>2</sub> ガスは発生している。この発生量の変化を計算に取り入れ評価していることから、リーケージはないとし、ベースラインの変化として取り扱った。

## ． プロジェクト効果

### 1． 省エネルギー効果

ベースラインとなる使用電力量は、12,578 MW/年である。年間原油消費量は、3,195 kL である。電気ボイラー稼働電力量に変換した、ヒートポンプ相当使用電力量 は7,969 MW/年である。電気ボイラー稼働に変換した、ヒートポンプ稼働の年間消費原油量は2,024 kL である。ヒートポンプ稼働による電力使用量は、3,795 MW /年である。従って、年間ヒートポンプ消費換算原油量は、964 kL である。ヒートポンプシステムはCOP=2.1 であることから、削減されるエネルギー量は原油ベースで964 kL である。これから、省エネルギー効果は、原油ベースで、ヒートポンプ稼働による使用原油量 1,060 kL である。

### 2． 温室効果ガス排出削減効果

本プロジェクトにおける CO<sub>2</sub> ガス排出削減効果は下表のとおりである。

	使用電力量	使用石炭量	CO <sub>2</sub> ガス排出量
ベースラインケース	12,578 MW/年	8,100 ton/年	23,898 ton/年
プロジェクトケース	8,403 MW/年	5,412 ton/年	15,916 ton/年
削減量	4,175 MW/年	2,688 ton/年	7,982 ton/年

### 3． 導入技術の普及可能性

本プロジェクトは、エネルギー変換効率を向上させることにより、CO<sub>2</sub> ガスの排出量を削減させることを目的とする。ヒートポンプの熱源としては、河川水、地下水、下水、坑井等が適用可能である。電気ボイラー方式をヒートポンプとの併用使用に変更する場合も、CO<sub>2</sub> ガスの削減が可能である。現状の設備を有効に利用することにより、大幅な設備変更なしに暖房・給湯システムを継続できる。イルクーツク州全体だけでも本プロジェクト方式を採用した場合、省エネルギー量は、今回試算した値の427倍(1,709/4)、つまり年間1,564,590 ton/年のCO<sub>2</sub> ガスが削減される。本システムはイルクーツク州のみならずロシア全体に適用可能なことから、普及マーケットが大きく、省エネルギー効果も大きい。

### 4． その他の効果

本プロジェクトの遂行により、日本とロシアの民間および国家間レベルでの協力関係が一層強固になる。

### ・ 環境影響分析

本プロジェクトの場合、境界内で発電をしていないことから、発電にともなう環境影響は無い。また、発電所における電力使用量が低下することから、プロジェクト領域外に与える環境影響もないと考えられる。

### ・ プロジェクト実施における資金計画

#### 1. 資金計画

本プロジェクトの資金は、日本側企業およびロシア側企業の出資による資本金、および日本側銀行およびロシア側銀行による借入金によりまかなうこととする。

#### 2. 公的資金源の情報

公的資金として ODA があげられる。

#### 3. 資金調達の見通し

温室効果ガス削減事業は地球環境保全事業の一環であり、各国政府および国際レベルで対応する必要がある。この事業計画から、銀行からの融資、投資家からの投資を受けることが可能と見込んでいる。

### ・ 経済性の検討

ヒートポンプシステム導入のための設備費用は、50%負荷の場合が 1,109 thousand US\$、100%負荷の場合が 2,152,3 thousand US\$と見込まれる。この場合、年間売上高は 50%負荷の場合が 299.9 thousand US\$、100%負荷の場合が 598.8 thousand US\$と試算される。減価償却を定率法で行った場合の投資回収期間はほぼ 4 年である。

### ・ 想定される利害関係者に及ぼす影響

#### 1. 自然環境的影響

本プロジェクトの実施によって、プロジェクト領域内外の周辺環境及び住民に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。領域外に流出する物質は、使用済み温水として施設外に排出する排水及び排泥である。排水は下水処理設備により浄化し領域外に排出し、排泥は廃棄物処分場に運搬して処理する。領域外に流出するエネルギーは排水にともなう廃熱であるが、温度が外気温度付近まで低下するため、排熱量は少ない。

## 2. 社会経済的影響

本プロジェクトは、企業が所有し運営するリゾート施設における暖房システム（温水供給システム）に関するものである。したがって、このシステムの運営することにおいて、リゾート施設の外部に利害関係者はいない。

### ・ モニタリング計画

#### 1. モニタリング方法

本プロジェクトにおけるベースラインは、供給温水により与えられる熱量を、従来の電気ボイラーのみの熱により与えた場合と想定した場合に発生する温室効果ガス排出量とする。具体的には、供給温水の熱量は、供給温水の昇温後温度、昇温前温度データ、供給温水量を逐次測定することにより求める。リーケージは、プロジェクト実施に伴い発生するプロジェクトバウンダリー外での温室効果ガスの排出であるが、前述のようにリーケージは無いものとして扱える。

#### 2. モニタリングデータの品質管理

ベースラインのモニタリングは、自動記録式温度測定器及び流量メータを設置することで、品質保証並びに品質管理を行うことが可能である。省エネルギー効果に関しては、電力会社の電力メータにより使用電力量を計測し、モニタリングデータの品質保証並びに品質管理を行うことが可能である。

## X . まとめ

ロシア連邦では、集合住宅(アパート)、企業事務所、公的機関の建物等における暖房は、化石燃料燃焼ボイラーによって造成した温水の循環によって行うのが一般的である。化石燃料は石炭が主体であり、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、煤塵等を大量に排出し、大気汚染及び地球温暖化等の弊害が問題となっている。

プロジェクトサイトは、ロシア連邦イルクーツク州イルクーツク市郊外に位置し、グランドバイカル LLC により経営されているリゾート施設である。新規に設置するヒートポンプ暖房システムは、熱交換設備、温水造成設備、温水循環設備、暖房設備からなる。

このシステムの稼働により、見込まれる温室効果ガスの排出削減量は以下のとおりである。ベースラインにおける温水造成システムの使用電力量は 12,578 MW/年、使用石炭量は 8,100 ton/年、CO<sub>2</sub> 排出量は 23,898 ton/年である。これに対して、プロジェクトを実施した場合の温水造成システムの使用電力量は 8,403 MW/年、使用石炭量は 5,412 ton/年、CO<sub>2</sub> 排出量は 15,916 ton/年と推定される。したがって、CO<sub>2</sub> 排出削減量は 7,982 ton/年と見込まれる。

ヒートポンプシステム導入のための設備費用は、50%負荷の場合が 1,109 thousand US\$、

100%負荷の場合が 2,152.3 thousand US\$と見込まれる。この場合、年間売上高は 50%負荷の場合が 299.9 thousand US\$、100%負荷の場合が 598.8 thousand US\$と試算される。減価償却を定率法で行った場合の投資回収期間はほぼ 4 年である。

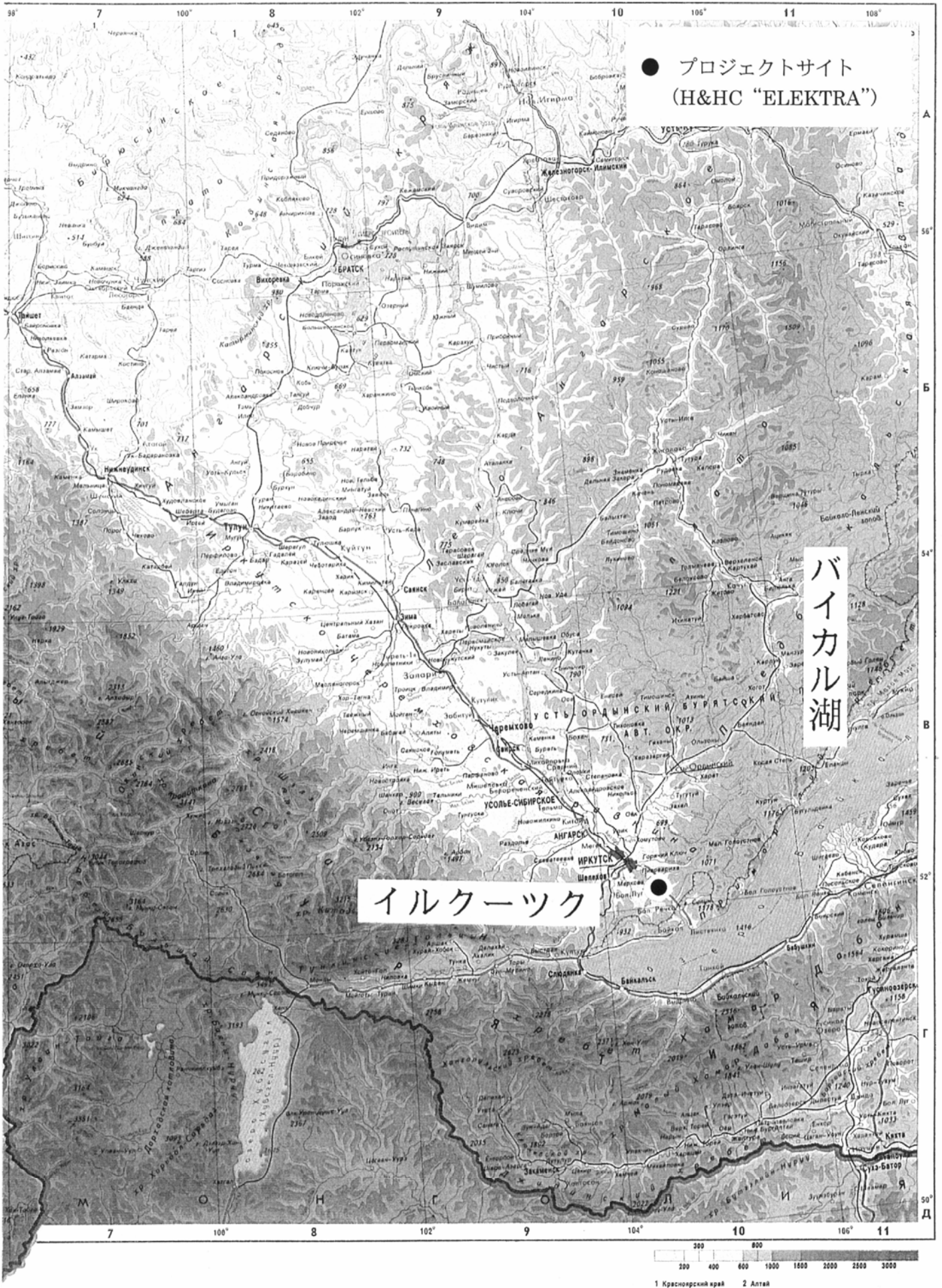
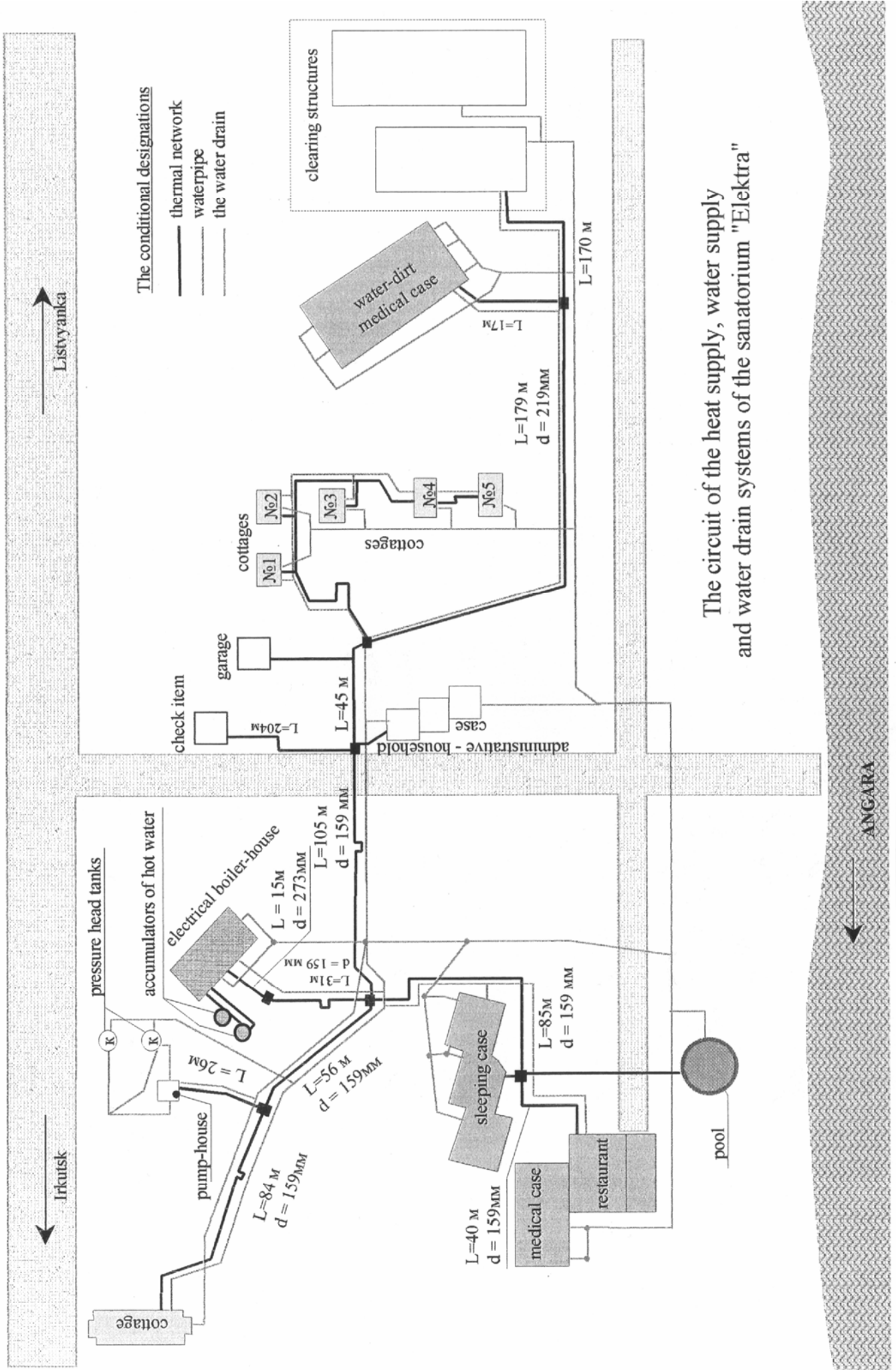


図1 プロジェクトサイト位置



The circuit of the heat supply, water supply and water drain systems of the sanatorium "Elektra"

図 2 HHC "ELEKTRA" のヒーティングシステム

