

平成15年度 CDM/JI事業調査

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

報 告 書

平成 16年3月

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ゴ、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

I. 概要	1
I-1 調査目的	1
I-2 調査内容	1
I-3 調査実施工程	2
I-4 調査実施体制	2
I-5 調査結果	2
II. 相手国の基本情報	7
II-1 一般的情報	7
II-2 政治	7
II-3 経済	8
II-4 エネルギー	8
II-5 環境	9
II-6 JI への取組み状況	10
II-7 本プロジェクトの意義及びニーズ	11
III. イルクーツク州のエネルギー等状況	13
III-1 地理・環境	13
III-2 社会・経済	21
III-3 地質・水理地質	28
III-4 電力供給	63
III-5 暖房システム	83
III-6 水供給システム	107
III-7 料金政策	116
III-8 遠隔地のエネルギー供給	123
III-9 代表的地域のエネルギー施設	131
IV. プロジェクト内容	149
IV-1 プロジェクトの目的	149
IV-2 プロジェクトサイト	149
IV-3 プロジェクトの内容	150
IV-4 プロジェクトの相手国における政策的位置付け	154
IV-5 プロジェクトの技術内容	

V. ベースライン方法論-----	175
V-1 ベースラインシステム-----	175
V-2 ベースラインの詳細-----	175
VI. プロジェクト効果-----	189
VI-1 省エネルギー効果-----	189
VI-2 温室効果ガス排出削減効果-----	190
VI-3 導入技術の普及可能性-----	191
VI-4 その他の効果-----	192
VII. 環境影響分析-----	195
VIII. プロジェクト実施における資金計画-----	197
VIII-1 資金計画-----	197
VIII-2 公的資金源の情報-----	197
VIII-3 資金調達の見通し-----	197
IX. 経済性の検討-----	199
IX-1 HP システム導入のための費用-----	199
IX-2 投資回収期間-----	199
IX-3 経済性の効果-----	200
X. 想定される利害関係者に及ぼす影響-----	207
X I. モニタリング計画-----	209
X I-1 モニタリング方法-----	209
X I-2 モニタリングデータの品質管理-----	210
X II. まとめ-----	211

巻末資料

1. 現地写真
2. 参考文献

図一覧

図 I - 4 - 1	調査実施体制 -----	4
図 III - 1 - 1	イルクーツク州の主要気候型 -----	17
図 III - 2 - 1	イルクーツク州の行政区分 -----	23
図 III - 3 - 1	イルクーツク市周辺の地形図 -----	43
図 III - 3 - 2	イルクーツク市周辺の衛星画像 -----	44
図 III - 3 - 3	イルクーツク市周辺の地質図 -----	45
図 III - 3 - 4	イルクーツク市周辺の地質構造図 -----	46
図 III - 3 - 5	イルクーツク市周辺の地温分布 -----	47
図 III - 3 - 6	イルクーツク市周辺の地下温度分布（坑井） -----	48
図 III - 3 - 7	坑井 L-2 の温度分布 -----	49
図 III - 3 - 8	河川のハイドログラフ（月別） -----	50
図 III - 3 - 9	河川のハイドログラフ（月別） -----	51
図 III - 4 - 1	イルクーツク州の電力供給の主要形態 -----	68
図 III - 5 - 1	熱グリッドの延長 -----	93
図 III - 5 - 2	イルクーツク市に対する計算温度 -----	94
図 III - 5 - 3	イルクーツク州における暖房および温水供給の連結スキーム -----	95
図 III - 5 - 4	アパートにおける温水供給 -----	96
図 III - 5 - 5	温水供給の代表的スキーム -----	97
図 III - 7 - 1	JSC イルクーツクエネルギーの平均電力料金 -----	119
図 III - 7 - 2	JSC イルクーツクエネルギーの平均電力料金の推移 -----	119
図 III - 9 - 1	リストビアンカ居住地に対する計算値 -----	141
図 III - 9 - 2	スルディアンカ市のグリッドスキーム -----	142
図 III - 9 - 3	スルディアンカ市に対する計算値 -----	143
図 III - 9 - 4	ザマリゾートに対する計算値 -----	144
図 III - 9 - 5	HC “ENERGETIC” に対する計算値 -----	145
図 III - 9 - 6	HHC “ELEKTRA” に対する計算値 -----	146
図 IV - 2 - 1	プロジェクトサイト位置 -----	162
図 IV - 3 - 1	HHC “ELEKTRA” のヒーティングシステム -----	163
図 IV - 3 - 2	HHC “ELEKTRA” の排水処理システム -----	164
図 IV - 3 - 3	HHC “ELEKTRA” のボイラーハウス -----	165
図 IV - 3 - 4	HHC “ELEKTRA” のヒートポンプシステム -----	165
図 IV - 3 - 5	暖房期間における熱負荷ダイアグラム -----	166

図IV-5-1	ヒートポンプの原理（暖房）	167
図IV-5-2	ヒートポンプの原理（冷房）	167
図IV-5-3	WELL L-2 の坑井内温度	168
図IV-5-4	イルクーツクの気温と負荷設定	168
図IV-5-5	シミュレーション用グリッド	169
図IV-5-6	ヒートポンプ運転中の循環水温度の経時変化	169
図IV-5-7	地中熱交換井周辺の地層温度分布	170
図IV-5-8	アンガラ川の水位変化	171
図V-1-1	ヒートポンプシステム全体図	182
図V-1-2	ヒートポンプシステムフロー図	183
図V-1-3	熱源水熱交換器フロー図	184
図V-2-1	年間の負荷状況と温度分布	185
図V-2-2	熱水温度と温度分布	186
図VI-1-1	電力料金の上昇	193

表一覧

表 I - 3 - 1	調査工程-----	5
表 III - 1 - 1	イルクーツク州の季節情報-----	18
表 III - 1 - 2	イルクーツク州の湿度と降水量（季節）-----	18
表 III - 1 - 3	イルクーツク州の湿度と降水量（%）-----	18
表 III - 1 - 4	イルクーツク州の月別気温（平均，最高，最低）-----	19
表 III - 1 - 5	汚染物質の大気中への排出（2002 年）-----	20
表 III - 2 - 1	イルクーツク州の行政統計-----	24
表 III - 2 - 2	イルクーツク州の行政単位-----	25
表 III - 2 - 3	イルクーツクエネルギーの主要技術的—経済指標-----	26
表 III - 2 - 4	ロシア連邦とイルクーツク州の国民総生産-----	27
表 III - 2 - 5	ロシア連邦とイルクーツク州の経済性比較-----	27
表 III - 3 - 1	バイカル湖の温度変化-----	52
表 III - 3 - 2	坑井の緯度，経度，標高-----	52
表 III - 3 - 3	坑井 L-2 の地質構成-----	53
表 III - 3 - 4	中立層の深度における地下温度-----	56
表 III - 3 - 5	坑井の地熱パラメータ-----	57
表 III - 3 - 6	イルクーツク州における地下水の概況-----	58
表 III - 3 - 7	ゴロウストナヤ川の水位データ（1980 年 6 月）-----	61
表 III - 3 - 8	長期間における水収支-----	61
表 III - 3 - 9	地層別の浸透性特徴-----	62
表 III - 4 - 1	イルクーツク州の燃料—エネルギー（2002 年度）-----	69
表 III - 4 - 2	イルクーツク州の燃料—エネルギーの生産と消費-----	69
表 III - 4 - 3	電力消費者の構成と構造-----	70
表 III - 4 - 4	熱エネルギー消費者の構成と構造-----	71
表 III - 4 - 5	燃料エネルギー資源の生産と消費（2002 年度）-----	72
表 III - 4 - 6	熱およびエネルギー消費の変化-----	72
表 III - 4 - 7	JSC イルクーツクエネルギーによる電力の変化-----	73
表 III - 4 - 8	JSC イルクーツクエネルギーによる熱電発電所による供給-----	73
表 III - 4 - 9	JSC イルクーツクエネルギーによる電力と熱電の生産-----	74
表 III - 4 - 10	イルクーツク州の電力システムにおける収支-----	76
表 III - 4 - 11	イルクーツク州における熱電力発電所の特徴-----	77
表 III - 4 - 12	JSC イルクーツクエネルギーの熱電力発電所の生産指標-----	78
表 III - 4 - 13	イルクーツク州の水力発電所の技術的特徴-----	78

表Ⅲ-4-14	水力発電所による電力生産	79
表Ⅲ-4-15	JSC イルクーツクエネルギーによる燃料消費	79
表Ⅲ-4-16	JSC イルクーツクエネルギーによる電力用燃料消費	80
表Ⅲ-4-17	電力グリッドの延長	82
表Ⅲ-4-18	JSC イルクーツクエネルギーとロシア連邦の電力グリッドの比較	82
表Ⅲ-4-19	熱ネットワークの延長	82
表Ⅲ-5-1	イルクーツク州の気候特性	98
表Ⅲ-5-2	イルクーツク州における熱エネルギー源生産	99
表Ⅲ-5-3	JSC イルクーツクエネルギーにおける熱供給の構造	100
表Ⅲ-5-4	JSC イルクーツクエネルギーの地区ボイラーハウスの特性	100
表Ⅲ-5-5	JSC イルクーツクエネルギーの地区ボイラーハウス	101
表Ⅲ-5-6	JSC イルクーツクエネルギーの電気ボイラーハウスの電力仕様	101
表Ⅲ-5-7	JSC イルクーツクエネルギーの電気ボイラーハウスの概要	102
表Ⅲ-5-8	JSC イルクーツクエネルギーの熱エネルギー供給と燃料消費	103
表Ⅲ-5-9	ボイラーハウスの特性	103
表Ⅲ-5-10	熱生産のための燃料消費の推定	103
表Ⅲ-5-11	熱的ネットワークの延長	104
表Ⅲ-5-12	JSC イルクーツクエネルギーの熱グリッドの延長	104
表Ⅲ-5-13	最大熱負荷の解析	104
表Ⅲ-5-14	イルクーツク州における熱供給基準	105
表Ⅲ-5-15	イルクーツク州における熱エネルギー生産予測	106
表Ⅲ-5-16	暖房時期における外気温の期間	106
表Ⅲ-5-17	室内の基準温度	106
表Ⅲ-6-1	地区別の水ポテンシャルとその分布	111
表Ⅲ-6-2	イルクーツク州における水使用の特徴	112
表Ⅲ-6-3	イルクーツク州における水消費の特徴	112
表Ⅲ-6-4	イルクーツク州の大都市における水消費	112
表Ⅲ-6-5	地方における水消費	113
表Ⅲ-6-6	水消費の構造	113
表Ⅲ-6-7	家庭における水消費の標準	114
表Ⅲ-6-8	料金別の電力消費の標準（1人、1月あたり）	114
表Ⅲ-6-9	飲料水消費と料金の比較（ロシアと外国）	114
表Ⅲ-6-10	イルクーツク州における公的サービスの容量	115
表Ⅲ-6-11	イルクーツク州における公的サービスの消費	115
表Ⅲ-7-1	異なる消費者に対する電力料金の推移	120
表Ⅲ-7-2	熱エネルギー料金の推移	120

表Ⅲ－７－３	イルクーツク市における温水消費と料金の標準 -----	121
表Ⅲ－７－４	イルクーツク市における冷水消費と料金の標準 -----	121
表Ⅲ－７－５	イルクーツク市の都市における冷水料金 -----	122
表Ⅲ－７－６	アパートメントタイプの住居からの排水料金 -----	122
表Ⅲ－８－１	イルクーツク州における集中化されていない電力供給 -----	129
表Ⅲ－８－２	イルクーツク州における集中化されていない電力消費 -----	129
表Ⅲ－８－３	イルクーツク州のアクセス困難地域への燃料配給のスキーム --	129
表Ⅲ－８－４	孤立した居住地人口の構造 -----	130
表Ⅲ－９－１	熱負荷の計算値 -----	147
表Ⅲ－９－２	HHC “ELEKTRA” の建物構成 -----	147
表Ⅳ－３－１	坑井M－４の地質構成 -----	172
表Ⅳ－３－２	坑井M－４における揚水試験結果 -----	173
表Ⅳ－３－３	HHC “ELEKTRA” における熱エネルギー生産（2003年度）	174
表Ⅴ－２－１	機器性能表 -----	187
表Ⅴ－２－２	各温度域における負荷状況 -----	188
表Ⅸ－１－１	HP システムの設備費用 -----	201
表Ⅸ－１－２	HP システムにおける削減量の諸元 -----	202
表Ⅸ－１－３	負荷 50 %（1 MW ヒートポンプ） -----	203
表Ⅸ－１－４	負荷 100 %（2 MW ヒートポンプ） -----	204
表Ⅸ－１－５	HP システムの減価償却の検討（1 MW HP の場合） -----	206
表Ⅸ－１－６	HP システムの減価償却の検討（2 MW HP の場合） -----	206

I . 概 要

I. 概要

I-1 調査目的

我が国は、平成14年6月に京都議定書を締結し、10月に共同実施（JI）及びクリーン開発メカニズム（CDM）の政府承認を開始した。京都議定書は、温室効果ガス排出量を削減するための手段として京都メカニズムを規定した。

京都メカニズムは、先進国間でのプロジェクト実施を通じて温室効果ガス削減量を分かち合うJI、先進国と発展途上国間で分かち合うCDM、削減約束をもつ先進国間での排出量取引の3つのメカニズムからなる。

京都メカニズムの活用は、温室効果ガスの限界削減費用が高い日本としては、京都議定書の約束を費用効果的に達成するために重要な手段として位置付けられている。

“地球温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査”事業は、我が国が有する省エネルギー技術あるいは石油代替エネルギー技術の導入を通じて温室効果ガスの排出削減に資するとともに、相手国の持続可能な開発に貢献する案件についてフィージビリティ調査を行うものである。

本調査は、上記事業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を削減することを目的に、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。

I-2 調査内容

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、CO₂、NO_x、SO_x、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。連邦政府及び地方政府（州政府、自治共和国政府等）は、化石燃料の使用を一部規制するとともに、クリーンエネルギーの導入促進を政策として進めている。

ロシア連邦イルクーツク州において、既存の石炭暖房システムの現状調査を行い、その温室効果ガスの排出状況等を把握し、その一部あるいは全部をGHP暖房システムに置換するための技術的データを収集した。現地データに基づいて、GHP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、“グラント 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。調査場所はイルクーツク州イルクーツク市郊外であり、アンガラ川の右岸に位置する。

I-3 調査実施工程

調査は、既存データ調査、既存暖房システムの検討、GHP 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（表 I-3-1）。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。

I-4 調査実施体制

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 GHP 暖房システムの基本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。現地調査の一部を RAS に外注した（図 I-4-1）。

主たる調査担当者は以下の通りである。

プロジェクト管理者：宮崎 真一（エネルギー部マネジャー）
業務管理者：井出 俊夫（エネルギー部マネジャー）
経理責任者：金子 周介（エネルギー部部長）

I-5 調査結果

1. 技術的検討結果

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。

このシステムの稼動により、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使用電力量は 12,578 MW/年、使用石炭量は 8,100 ton/年、CO₂ 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使用電力量は 8,403 MW/年、使用石炭量は 5,412 ton/年、CO₂ 排出量は 15,916 ton/年と推定される。したがって、CO₂ 排出削減量は 7,982 ton/年と見込まれる。

2. 経済性検討結果

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 1,109.2 thousand US\$, 100%負荷の場合が 2,152.3 thousand US\$と見込まれる。この場合、年間売上高は電力料金削減量+CO₂ 排出削減価格であり、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。

すなわち、本プロジェクトの実施により、ヒートポンプを導入することにより年間消費電力料金を大幅に削減できる。また同時に、電力削減分に相当するCO₂排出量の削減により経済効果を生むことになる。

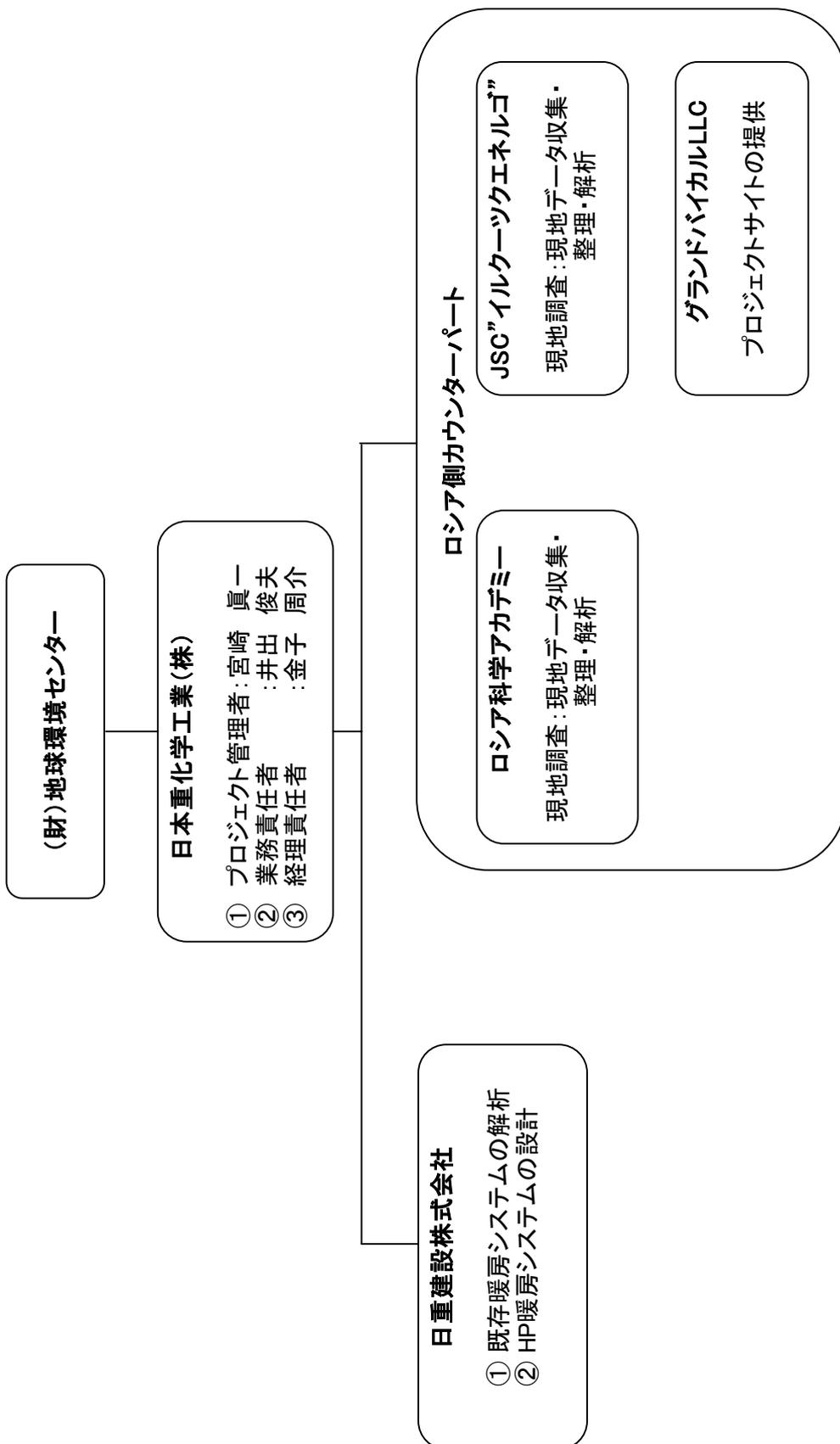


図 I - 4 - 1 調査実施体制

表 I-3-1 調査工程

業務内容	2003年			2004年		
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
調査期間	10/3					3/19
現地調査		11/7	11/16	1/7	2/29	3/5
既存資料解析等						
既存システム検討						
HPシステム設計						
HPシステム評価						
JI事業性検討						
報告書作成						

中間報告書
仮報告書
最終報告書

1. 調査期間: 2003年10月3日～2004年3月19日
2. 国内解析: 2003年10月～2004年3月
3. 現地調査
 - 調査場所 : ロシア連邦イルクーツク州
 - 第1回調査: 2003年11月07日～11月16日
 - 第2回調査: 2004年01月07日～01月16日
 - 第3回調査: 2004年02月29日～03月05日

Ⅱ. 相手国の基本情報

II. 相手国の基本情報

II-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 km² であり、そのうち 79,400 km² を水域（カスピ海等）が占める。この面積は日本の約 49 倍であり、アメリカ合衆国の 1.8 倍に相当する。地勢は、南北に延びるウラル山脈によって、西側のヨーロッパロシアと、東側のアジアロシアに区分される。ヨーロッパロシアは低標高の平原地形が卓越する。アジアロシアはシベリア平原が主体をなし、針葉樹林帯が広がる。ロシア連邦の南側国境は山岳地帯によって、周辺諸国と接する。連邦内の最低標高地点はカスピ海の -28m であり、最高地点はゴラエルブラス山の 5,633m である。

自然災害として、シベリア平原から北極圏に広範に分布する永久凍土の存在である。また太平洋沿岸地域のクリル列島、カムチャッカ半島における火山と地震が顕著な自然災害の原因となっている。南ロシアおよびシベリアにおける春季の洪水と河川氾濫、および夏季～秋季の乾燥気象条件下での山火事も自然災害の代表である。

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。気候は、北極圏からシベリアにかけてツンドラ気候が支配的であり、極寒の長い冬季が特徴である。黒海からヨーロッパロシアにかけては、ステップ気候が卓越する。

人口は、2003 年 7 月時点で 144,526,278 人である。ロシア連邦は多民族国家であり、人種構成はロシア人が 81.5%、ウクライナ人が 3%、タタール人が 3%、シュヴァシェ人が 1.2%、バスキール人が 0.9%、ブルラーシア人が 0.8%、モルダビア人が 0.7%、その他が 8.1% である。ロシア人以外に約 100 を超える少数民族が居住している。

II-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。地方行政組織は、49 州、21 共和国、10 自治区、6 共同体、2 連邦州から構成される。ソビエト社会主義共和国連邦が崩壊の後、ロシア連邦は 1991 年 8 月 24 日に成立した。ロシアの現行憲法は 1993 年 8 月 24 日に制定された。

また、複数政党による議会制民主主義国家であり、議会は連邦院（上院）と国家院（下院）の 2 院制を採用している。議員は 18 歳以上の国民による直接選挙によって選出される。上院は、2000 年 7 月の選挙により 178 名が選出された。89 の行政単位での立法を担当している。下院は、450 議席あり、議員の半数は 5%以上の支持を有する政党による選挙で選出される。議員の残り半数は、4 年ごとに国民の直接選挙で選出される。

II-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。その後も、やや成長率は鈍化した。経済の好調は続き、現在にいたっている。これは1999年に国際石油価格が高騰したこと、通貨ルーブルの切り下げ効果により、国内の輸入代替産業が復調したことによる。

基本的には、石油を中心としたエネルギー産業がロシア経済の牽引車であり、この依存度はますます強められる傾向にある。2002年のGDPは3,465億US\$であり、1人あたり2,140US\$に相当する。

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。

II-4 エネルギー

1. エネルギー資源

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。一次エネルギーの生産量において、天然ガスの割合が相対的に増加している。

2. エネルギー政策

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2大項目とする。エネルギー構造政策として、以下の6項目が推進されている。

- ① 天然ガスのシェアと利用拡大
- ② 環境に配慮した火力、原子力、水力および再生可能エネルギーによる電力化の推進
- ③ 炭化水素燃料加工の高度化および複合利用
- ④ 西シベリアその他地域の石油減産の克服と適度な増産、特に東シベリアでの新たな産油基地の開発
- ⑤ 国産エネルギー資源の開発強化と非在来型再生可能エネルギーの利用拡大
- ⑥ 運転中の第一、第二世代の原子炉の安全性と信頼性の向上、および小規模原子炉を含む次世代原子炉の開発

地域政策は、ロシア連邦全域を対象としたエネルギー供給システム（電力、ガス、熱等）をさらに発展させ、地域間および部門間にまたがるエネルギー基地や連携の新設改善をはかる。地方におけるエネルギーの自主管理と自給を進める方針と、連邦によるエネルギーの統一的保全の方針を調和させる。

エネルギーに関する技術政策は、以下のとおりである。

- ① エネルギー資源の生産，変換，輸送，利用のすべての段階において，経済的・エネルギー的効率を改善する。
- ② エネルギー供給の極度の集中化を転換させ，生産地と消費地を接近させることによりエネルギーの分散化をはかる。
- ③ エネルギー源の環境へのインパクトの低減，安全性向上をはかる。ならびにエネルギー消費者への供給を安定化させる。
- ④ エネルギー産業を確実に発展させるための技術を開発する。この具体的内容として，環境影響の少ない石炭火力，安全な原子力発電，新エネルギーの効率的利用技術，炭化水素燃料の生産・精製である。

イルクーツク州におけるエネルギー政策の基本は，以下のようにとまとめられる。エネルギーの安定供給を図る。アンガラ川に代表される豊富な水力発電を，州内の主要エネルギー源として位置付けて開発利用する。豊富な水力発電を，州内の主要エネルギー源と位置付けて開発利用する。また，イルクーツク州およびシベリアは豊富に石炭を産すること，コスト的に安価であることから，これを主要エネルギー源とする。

II-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。エネルギーの開発利用において，周辺の自然環境（生物とその生態系を含む）の汚染を回避し，環境保全を図ることとする。その一環として，クリーンなエネルギーの開発利用を積極的に進めることとする。

環境政策を実現するための基本的法律として，6法（環境保護法，大気汚染防止法，水質汚染防止法，固体廃棄物環境汚染防止法，騒音環境汚染防止法，海洋環境保護法）制定されている。

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。石炭火力発電所による煤塵，CO₂，SO_x，NO_x等による汚染が顕著である。農業活動による汚染として，農薬等による土壌汚染が顕在化している。また，林業による森林資源の減少と，荒廃地の拡大も土壌汚染と大気環境の保全にとって問題となっている。大都市における交通，ゴミ処理等も社会的問題であると同時に，環境汚染との関係する。また，特殊なケースであるが，原子力発電所，原子力艦船等に起因する放射性物質の拡散は深刻な環境汚染を引き起こした実績がある。環境に関する国際的協定において部分参加しているのは，空気汚染，NO_x・SO_x汚染防止協定，海洋資源協定等で

ある。また未批准協定として、京都議定書、空気汚染、有機汚染物質等があげられる。

II-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 CO₂ 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。米国の離脱宣言直後の 2001 年に行われた議会公聴会では、米国離脱を支持しない、ロシア連邦政府が批准すべきであるとの審理内容であった。すなわち、京都議定書に対する国会議員の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。現在において、ロシア連邦は、京都メカニズムを採用するためのかなりのポテンシャルを有する。

エネルギーから見た場合、ロシアは、エネルギー輸出大国（天然ガスは世界第一位、石油産品を含めた石油輸出量世界第一位）、エネルギー消費国（国民総生産あたりのエネルギー消費量は米国の約 3 倍）であることから、温室効果ガス排出大国（米国、中国に続く世界第三位）である。このようなエネルギー情勢から、ロシアは地球温暖化問題に大きくかかわっている。

しかし、一般的にはロシアでの温暖化問題に対する関心は、以下の理由によりあまり高くない。

- ① ロシアの経済構造は、化石燃料（石炭、石油、天然ガス等）に大きく依存している。すなわち、化石燃料を輸出し外貨を稼ぐことで経済の好調を支えている。このような経済構造は、京都議定書が目的とする地球温暖化ガスの排出削減とは、ある意味で相反する。
- ② 国土が広大で人口密度が低いため、環境汚染が日本や中国ほど目立たない。このため、地球環境保護にやや関心が低く、政策的対応もあまり積極的とはいえない。
- ③ 温暖化がロシアに及ぼす影響の内容および程度が不確実である。一部に、地球温暖化はロシア農業などに好影響をもたらすとの考えもあった。
- ④ 環境問題でリーダーシップをとるべき環境行政が、近年弱体化してきた。
- ⑤ COP3 におけるロシアの数値目標は比較的緩いものであり、目標達成は比較的容易であると見られている。

イルクーツク州についてみれば、年間に約 20 million ton の CO₂ を排出する。イルクーツク州において、環境汚染物質の全体、特に CO₂ ガス排出を削減する優先的方向性は以下のとおりである。

- ① 電力部門の全体的効率を向上させるために、新規の電力設備の維持と建設の推進。
- ② 燃料消費のガス化の推進。

- ③ 再生可能エネルギーを含めたエネルギー源の多様化の推進。
- ④ 燃料消費の減少，特に大幅に CO2 排出を削減するための先進的技術の導入

II-7 本プロジェクトの意義及びニーズ

ロシアでは，一般住居（アパート等），企業事務所，政府機関等の建物の暖房は，石炭を熱源とする集中暖房方式が主体である。都市部では，化石燃料の燃焼で排出される廃棄ガス（CO₂，SO_x，NO_x等）と煤塵による大気汚染が深刻な環境問題となっている。その対策として，連邦政府および州政府は，化石燃料の使用を一部規制する政策を打ち出している。

同時に化石エネルギーを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，ロシア全土に普遍的に存在する。このような周辺情勢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と考えられる。

Ⅲ. イルクーツク州のエネルギー等状況

Ⅲ. イルクーツク州のエネルギー等情報

Ⅲ-1 地理・環境

1. 地理

イルクーツク州は、アジア大陸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。州の主要部分は、中部シベリア高地の南部に位置し、南西部に東サヤン山脈、東方にプリモルスキー山脈およびバイカルスキー山脈が走っている。州内の地形は非常に複雑であり、地域の約70%は海500mよりも標高が高い。低地は全体のわずか1%を占め、大河の河谷に集中しており、地域の残りの部分は山岳地である。イルクーツク州の約80%の地域(668,000 km²)は、松柏類を主体とする森林によって占められている。バイカル湖は世界最深かつ最大の淡水湖であり、イルクーツク州とブリヤート共和国の境界に位置する。

イルクーツク州は、南東方および東方においてブリヤート共和国およびチタ共和国に、北方および北東方においてサハ(ヤクチア)共和国に、北西方および西方においてクラスノヤルスク州に、南西方においてティバ共和国にそれぞれ接している。

バイカル湖周辺の州の東部地域は、地震活動が活発である。

2. 面積

イルクーツク州の面積は774,800 km²であり、これはロシア連邦の全面積の4.6%に相当する。イルクーツク州は日本の面積の約2倍である。州は東西方向が1,318 km、南北方向に1,450 kmの延長距離を有する(最北端が北緯65度、最南端が北緯51度)。

3. 人口

2004年始めにおけるイルクーツク州の人口は、ウストーオルダ 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/km²(ロシアの平均人口密度は8.7人/km²)である。人口の分布は一様でなく、かたよっている。最も人口密度が高い地域は州の南部と南西部であり、シベリア横断鉄道に沿ったアンガラ川の両岸地域に分布する。東部サヤン山脈およびバイカル隆起地域の山岳地域と同様に、北部地域の人口密度は非常に低い。例えば、カタンガ地区(イルクーツク州の北部)の人口密度は0.06人/km²に過ぎない。

イルクーツク州には、100,000人以上の人口の大都市が6地点(イルクーツク、アンガルスク、ブラツク、ウソレーシビルスコ、ウストーイリムスク)、50,000人~100,000人の人口の市4地点(チェレムコヴォ、ウストークト、ツルン、シェレコバ)ある。また、50,000人以上の人口を有する13市と、同様な59地点の都市型

の定住地が存在する。

4. 気候

(i) 気候型

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もなう夏季に代表され、結霜期は長い。州内における季節の期間は、緯度的位置と海拔標高にしたがって著しく変化する。

(ii) 月別気温（平均，最高，最低）

イルクーツク州全体の平均年間気温は、バイカル湖の沿岸地域を除くと零度以下である。平均年間気温は南部から北部に、また西部から東部に向かうにつれて低下する。

タイシェト	(-0.5°C)
イルクーツク	(-1.2°C)
ブラーツク	(-2.6°C)
オルリング	(-4.3°C)
ツィガオヴォ	(-4.6°C)
ナカノ	(-8.6°C)

冬期間におけるバイカル湖近傍の気温は、それから離れた地域に比べてかなり暖かい。これは膨大な水量が周辺の空間に熱を与え、気候を温暖化しているためである。

州の最も寒冷な時期は、1月である。1月の平均月気温は、スルディヤンカの-15°Cからボダイボの-33.4°Cまで変化する。州の広い地域において、気温は-20°Cから-30°Cに変化する。イルクーツク市の1月における最低気温は、-50°Cまで低下する。またボダイボとエルボガチェンでは、-60°Cまで低下する。

最も高温な時期は、7月である。州の7月における平均気温は18°Cである。何日かは、最高気温が36~37°Cに上昇する。平均月気温の年間変化は、イルクーツク市で40°C、エルボガチェンで48°Cに達する。気温の日変化は、主として夜間の気温低下のために20~30°Cに達する。

同じ緯度のヨーロッパロシアの地域と比較して、イルクーツク州における霜がない期間はかなり短いこれは、夜間における地面による著しい熱損失、および冷たい大気の流入に起因する。州の南部において、霜のない期間は80日~100日程度であるが、北部では57日である。州の大半の地域において、7月を含む夏期においても霜が見られる。

(iii) 月別の湿度

主要な都市における湿度は、冬季が70~80%、夏季が65~80%程度である（表Ⅲ-1-2）。イルクーツクにおける湿度は、5月が56%で最も低く、12月が86%

と最も高い（表Ⅲ－１－３）。

（iv）月別の降水量

地域全体の降水量は、不均質な分布を示す。海拔高度が上昇するに従い、降水量は増大する傾向にある。州の中央部の降水量は 300 mm から 400 mm に変化する。サブ山岳地域において降水量は 650 mm に増大する。山岳地域において降水量は 1,000 mm に達する。降水量は、季節によって不均等に分布する。降水量のわずか 10～20 % が寒冷期にみられるのに対して、暖期間の降水量は年間全体の 80～85 % に達する。夏期の雨は、連続的かつ激しい降水も見られる。最大降水は 7 月～8 月に見られ、これに対して最低降水は 2 月～3 月に観測される。降水量が 150 mm を超える日数が多く、これは北部と西部で観測される。

定常的な積雪は 10 月に始まり、南部では 160～175 日、北部では 185～206 日間続く。州内の大部分の場所で、雪は 30～40 mm の高さであり、北部では雪は 50～60 mm まで達する。積雪の多い地域は山岳地帯である。

イルクーツク市の月別平均気温は、1 月が -21℃ で最低気温を示し、7 月が +17℃ で最高気温を示す（表Ⅲ－１－４）。

5. 環境問題

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。イルクーツク州の異なる環境における汚染構造は、経済構造を反映している。2002 年において、8 の都市が高いか、かなり高い大気汚染を示した。ロシアの都市の中で、ブラーツク、イルクーツクおよびシェレコヴァ市は 5 年以上にわたり多大な大気汚染を示す都市にリストアップされた。

放出物質は、ベンズ(a)パイレン、フォルマルディン、二酸化窒素、浮遊物質等である。工業からの特殊な化学物質の放出と同様に、好ましくない気象条件と結合して、これらの物質が拡散し、大気汚染をもたらす。イルクーツク州の都市と定住地における大気汚染は、産業活動に基づく放出に起因して発生する。具体的には、熱－電力、石炭、石油化学、木材産業、多くの小規模な家庭用ボイラー、ストーブ暖房、自動車交通等である。2002 年において、州において、485,000 トンの汚染物質が固定的な源から大気中にもたらされた。また 100,000 トンが交通関係からもたらされた。

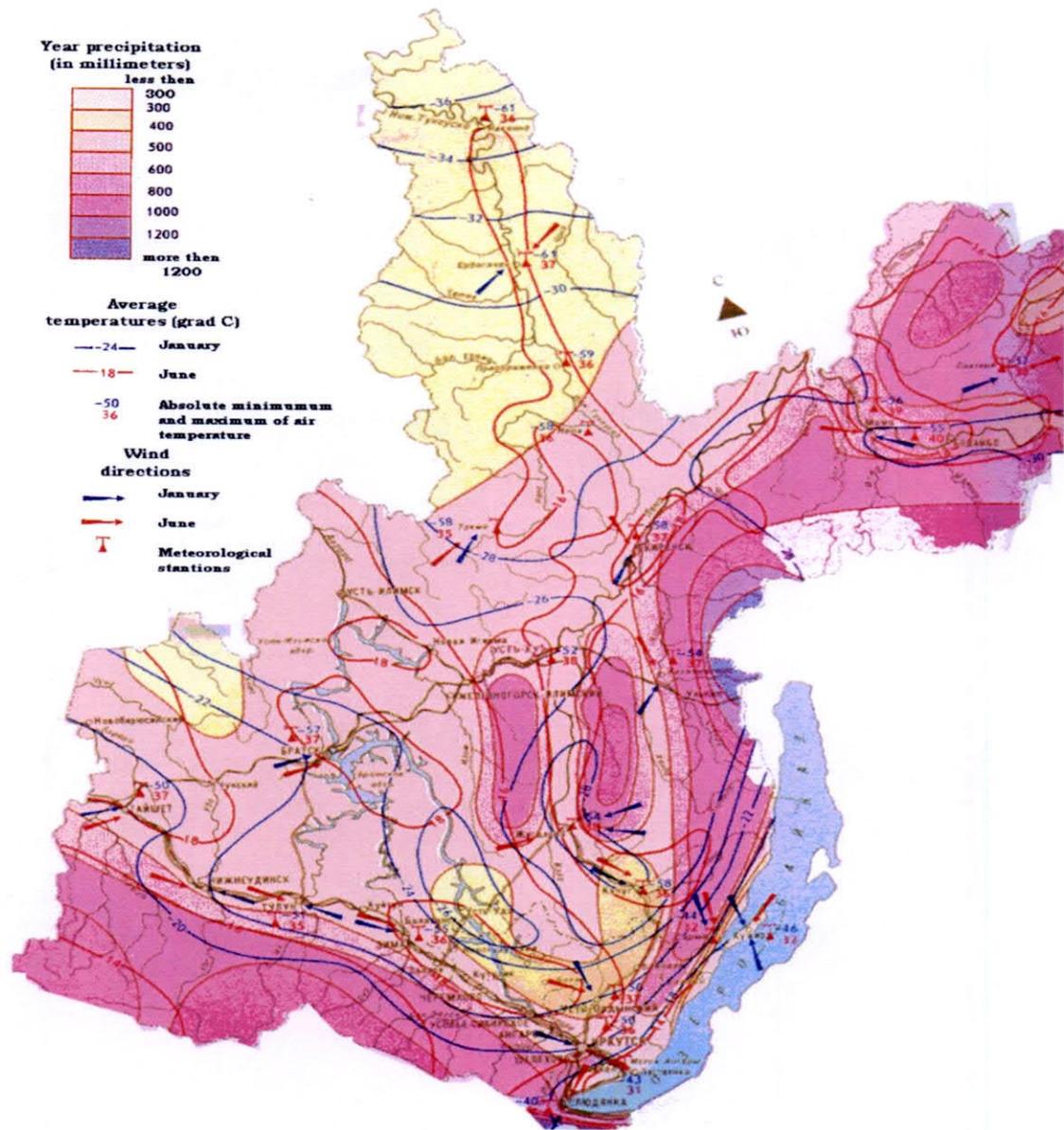
ウソルーシビルスコ、ウストーイリムおよびチェレムコヴォの都市では、浮遊物質の年間平均濃度は最大許容濃度 (MPC) の 1.5-1.8 に達した。イルクーツク市では、一酸化炭素の平均年間濃度は 1.4 MPC に、一酸化窒素は 1 MPC に達した。以下の都市において、二酸化窒素の平均年間濃度は 1～2.3 MPC に達する。ビリュシンク、ブラーツク、ヴィコレフカ、ツィマ、イルクーツク、スヴィルスク、ツルン、ウソルーシビルスコ、ウストーイリムスク、チェレムコヴォである。メゲト居住地都市に

におけるベンズ(a)パイレンによる平均大気汚染は、最大許容濃度の1.4~6.3倍に達する。ベンズ(a)パイレンの最大月間平均濃度(18 MPC)は、シェレコヴ市で見出された。バイカルスクとブラーツク市における、二酸化炭素の平均年間濃度は、最大許容濃度の2.2~4.2倍である。都市におけるホルマデハイドによる平均大気汚染は、MPCの1.1~4.3倍に達する。固定的な源からの放出は、熱-電力、アルミニウム、化学、紙-パルプ、石油化学工業などの産業からもたらされる。

2002年において、淡水はアンガラ川盆地から1,278 million m³、湖水から52 million m³、レナ川から44 million m³が取水された。総計1295 million m³の淡水が使用された。その内訳は、292 million m³の生活-飲料水、991 million m³の工業用水、5 million m³の農業用水である。

1170.1 million m³の排水が、地表水環境に排出された。このうち、151 million m³は浄化されず、66 million m³が不十分な浄化され、329 million m³が浄化なしに標準的に清浄で、21 million m³が標準規格にもとづいて浄化されて排出された。1088 million m³の排水がアンガラ川盆地の地表水環境に、49 million m³の排水がバイカル湖に、34 million m³がレナ川盆地に供給された。それらのうちで27%の水が浄化なしに、59%が不十分な状態で浄化された。イルクーツク州の1人に対する汚染された排水の容量は、321 m³/人に達する。排水は、工業排水が約79%、生活および公的サービス排水が約20%と主体をなす。2002年に、工業排水が主要な排出源である。その内訳は、水力発電産業における熱-電力(37%)、木材・紙・パルプ産業(17%)、鉄および非鉄産業(10%)である。イルクーツク州における地表水汚染の主要源は、紙-パルプ産業、化学および石油化学産業、生活活動と公的サービスである。

1996年に、ユネスコの世界遺産委員会は、バイカル湖を世界遺産に登録した。バイカル湖は水容量が23,000 km³(世界の淡水の20%)、表面積が31,500 km²、最大深度が1637 mである。1999年に採択されたバイカル湖条例に従って、バイカル湖流域の経済活動は、自然保護基準を達成するために制限されている。



図Ⅲ-1-1 イルクーツク州の主要気候型

表Ⅲ－１－１ イルクーツク州の季節情報

Settlement	Latitude	Altitude above the sea level	winter	spring	summer	autumn
Irkutsk	52° N	450 M	179	41	106	39
Erbogachen	61° N	260 M	204	31	91	39

表Ⅲ－１－２ イルクーツク州の湿度と降水量（季節）

City	Humidity, %		Precipitation, mm	
	winter	summer	winter	summer
Angarsk	80	74	87	402
Bratsk	81	72	95	311
Zima	80	73	92	332
Kirensk	81	70		
Ust-Ilimsk	79	74	109	336
Usol'e-Sibirskoe	80	74	87	403
Cheremkhovo	77	74	83	390
Listvyanka	73	68	50	250
Slyudyanka	76	78	50	476

表Ⅲ－１－３ イルクーツク州の湿度と降水量（％）

Month	Humidity, %		Precipitation, mm	
	Irkutsk	Kirensk	Irkutsk	Kirensk
January	80	81	10	19
February	73	80	8	14
March	68	75	8	6
April	59	66	15	12
May	56	60	38	27
June	67	69	63	52
July	74	70	82	57
August	78	80	80	59
September	76	81	47	41
October	76	79	19	25
November	81	84	17	23
December	86	87	15	21

表Ⅲ－１－４ イルクーツク州の月別気温（平均，最高，最低）

T, °C	Zhigalovo (54° 47'N - 105° 10'E)	Erbogachen (61°16'N - 108°01'E)	Orlinga (56°02'N - 105°49'E)	Irkutsk (52°16'N - 104°20'E)
January	-29..-28 (<u>-29</u>)	-31..-29 (<u>-31</u>)	-29..-26 (<u>-27</u>)	-21..-20 (<u>-21</u>)
February	-28..-21 (<u>-25</u>)	-29..-22 (<u>-26</u>)	-29..-22 (<u>-27</u>)	-20..-15 (<u>-18</u>)
March	-21..-8 (<u>-14</u>)	-22..-9 (<u>-16</u>)	-22..-7 (<u>-13</u>)	-14..-4 (<u>-9</u>)
April	-7..+3 (<u>-2</u>)	-9..-5 (<u>-6</u>)	-6..+2 (<u>-2</u>)	-4..+5 (<u>+1</u>)
May	+3..+11 (<u>+7</u>)	-6..+4 (<u>-3</u>)	+2..+10 (<u>+6</u>)	+5..+12 (<u>+9</u>)
June	+11..+16 (<u>+14</u>)	+5..+18 (<u>+13</u>)	+11..+16 (<u>+14</u>)	+12..+17 (<u>+15</u>)
July	+16..+17 (<u>+17</u>)	+15..+18 (<u>+17</u>)	+16..+17 (<u>+17</u>)	+17..+18 (<u>+17</u>)
August	+10..+16 (<u>+14</u>)	+9..+15 (<u>+12</u>)	+10..+16 (<u>+14</u>)	+12..+17 (<u>+15</u>)
September	+3..+10 (<u>+6</u>)	+1..+9 (<u>+5</u>)	+2..+10 (<u>+6</u>)	+5..+11 (<u>+8</u>)
October	-9..+2 (<u>-3</u>)	-14..+0 (<u>-6</u>)	-9..+2 (<u>-3</u>)	-5..+4 (<u>0</u>)
November	-22..-10 (<u>-16</u>)	-27..-14 (<u>-21</u>)	-21..-9 (<u>-15</u>)	-15..-6 (<u>-11</u>)
December	-28..-22 (<u>-26</u>)	-31..-27 (<u>-30</u>)	-26..-21 (<u>-24</u>)	-20..-16 (<u>-19</u>)

表 III-1-5 汚染物質の大気中への排出 (2002 年)

Country, Region of RF (Russian Federation)	Emission			
	Million tons	%	Per 1 citizen, t/person	per1 km ² , t/km ²
Russia, total	18.8	100.0	0.129	1.101
Including:				
- European regions	10.4	55.3	0.091	2.413
- Asian regions	8.4	44.7	0.269	0.658
Western Siberia	4.0	21.1	0.263	0.632
Eastern Siberia	3.6	19.1	0.401	0.873
Including :				
- Baikal Area	0.8	4.3/22.2*	0.159	0.516
Including :				
- Irkutsk Region	0.5	2.7/13.9*	0.182	0.651

- ※ 分子の平均 : % (ロシアにおける)
- ※ 分母の平均 : % (東シベリアにおける)
- ※ 出典 : ロシア統計年報 (2001 年)

Ⅲ－２ 社会・経済

１．行政区分

最新のイルクーツク州の境界は、1937年9月26日に設定された。

イルクーツク州は33の地区に区分され、この中にはウストーオルダ自治区の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（図Ⅲ－２－１）。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。地域自治を行っている14市、地区自治を行っている8市および都市型の59の定住地が存在する。

これらの人口の合計は、304,000人である。地方人口は、1,473地点の定住地に定期的に住んでいる。これらの定住地の337地点はウストーオルダ自治区にある。

ウストーオルダ ブリヤート自治区は、イルクーツク州内に位置し、面積は22,400 km²（州面積の4.3%）、人口は0.14百万人（州の総人口の5.2%）である。ウストーオルダ ブリヤート自治区の行政中心地はウストーオルダ市であり、14,000人の人口を有する。

２．経済状況

（i）主要産業

自然条件、自然資源および交通－経済的にみて、イルクーツク州はロシア連邦における先進的工業地域としてに位置付けられる。イルクーツク州は、連邦の東部地域において経済的にもっとも進んだ地域である。

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。ロシア連邦の総工業生産に占めるイルクーツク州の貢献度合いは、以下のとおりである。

イルクーツク州における産業構造は、ロシアにおける平均的な産業構造と著しく異なる。主な相違は、エネルギー消費型産業（アルミニウム、紙－パルプ、化学工業等）の比重が高いことである。

（ii）産業構造

1990年代末の経済変革期の間、商業工業における生産構造は著しく変化した。異なる商品製品の世界規模の生産者との競争が激しくなり、新市場を開拓する必要性が生じた。

燃料－エネルギー複合産業、非鉄金属産業、木材産業、機械製造および金属産業が、現在、商業的生産において主要である。イルクーツク州における生産構造は、電力産業（11.7%）、燃料産業（5.9%）、鉄鋼産業（1.4%）、非鉄金属工業（23.4%）、化学－石油化学工業（7.0%）、重機械と金属産業（15.5%）、木材およびパルプ－紙産業（22.3%）、建設資材生産（1.6%）、食品産業（7.9%）、その他産業（3.3%）

である。

州内の交通網は不均等に発達している。シベリア横断鉄道は州の南部を通過しており、バイカルーアムル鉄道は中央部を横断している。西シベリアからアングルスク市にいたる連邦幹線道路と石油パイプラインは、シベリア横断鉄道に沿って走っている。州の北部は、通年でみた場合、航空機によってのみ到達できる。寒冷期間においては、生活必要物資は冬季道路を利用して自動車によって運搬される。夏期においては、物資はレナ川とその支流を利用して水運によって運搬される。

製造業全体の見地からすると、交通関連産業は第2位にランクされ、約12%に達する。農業は、自然－気候条件の影響により十分に発達するとは言えない。全生産における農業の小さい貢献度は低い(6.2%)。

(iii) イルクーツク州の総地域生産 (GRO)

2000年において、現在の価格において、イルクーツク州のGROは106.9億ルーブルに達した)。それ前年度に比較して6.1%の成長を示す。イルクーツク州の主要経済指標は、ロシア連邦の同一指標との比較で与えられる

Административно-территориальное деление Иркутской области



図 III-2-1 イルクーツク州の行政区分

表 III-2-1 イルーツク州の行政統計

Indices	Total	Including the Ust-Orda Buryat Autonomous Okrug
Number of cities	22	-
Population in cities	1 898 000	-
Number of districts	33	6
Number of settlements of urban type	59	-
Population in settlements of the urban type	304 000	-
Number of rural authority bodies	373	73
Number of settlements with constant population	1473	324

表Ⅲ－２－２ イルクーツク州の行政単位

Number on Fig. 2.1	Name of the municipal unit	Population (thousand people)
1	Angarsk city and Angarsk district	277,2
2	Balagansk district	10,3
	Bratsk city	276,1
4	Bratsk district	64,9
3	Bodaibo city and Bodaibo district	30,6
5	Zhigalovo district	10,8
6	Zalary district	35,1
	Zima city	34,4
7	Zima district	15,1
	Irkutsk city	578,1
8	Irkutsk district	55
9	Kazachinsk-Lensk district	25
10	Katanga district	4,7
11	Kachug district	23
12	Kirensk district	25,9
13	Kuitun district	40
14	Mamsko-Chuisk district	8
15	Nizhneilimsk district	68,6
	Nizhneudinsk city	50,7
16	Nizhneudinsky district	35,7
17	Ol'khon district	9,1
	Sayansk city	47,6
18	Slyudyanka district	46,1
	Taishet city	58,1
19	Taishet district	33,4
	Tulun city	52,6
20	Tulun district	29,9
	Usol'e-Sibirskoe City	102,9
21	Usolsk district	56
	Ust-Ilimsk city	106,7
22	Ust-Ilimsk district	22,3
23	Ust-Kut city and Ust-Kut district	68,8
24	Ust-Uda district	17
	Cheremkhovo city	83
25	Cheremkhovo district	35,9
26	Chunsk district	46,9
27	Shelekhov city and Shelekhov district	68,1
28	Ust-Orda Autonomous district (Okrug)	142,5

表Ⅲ－２－３ イルクーツクエネルギーの主要技術的－経済的指標

Indices	Years				
	1990	1996	2000	2001	2002
Electric power production, billion, kw.h	66.00	54.8	53.1	54.4	56.4
Production of heat, mln. Gcal	43.6	36.1	32.2	30.5	28.3
Heat consumption, million tons of conventional fuel	11.6	7.1	6.8	6.2	6.3
Emission of green house gases, million tons	33.2	20.4	19.9	17.6	17.8

表Ⅲ－２－４ ロシア連邦とイルクーツク州の国民総生産

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Billion dollars using the exchange rate of the Central Bank of Russian Federation						
Russian Federation	312.91	378.78	385.57	243.38	165.97	232.51
Irkutsk Region	7.62	8.97	9.34	5.30	3.25	3.96
Per capita, US dollars per year per person						
Russian Federation	2126	2579	2632	1666	1140	1604
Irkutsk Region	2723	3216	3359	1915	1181	1444

文献：Gross National Output and Gross Regional Output - Regions of Russia, 2002, State Committee of Statistics (Goskomstat).
Exchange rate of rouble to dollar -© 1999 by Prof. Werner Antweiler, University of British Columbia, Vancouver BC, Canada, PACIFIC Exchange Rate Service

表Ⅲ－２－５ ロシア連邦とイルクーツク州の経済的比較

Indices	Российская Федерация	Иркутская область
Area, thousand km ²	17075	768
Population by January 1, 2002, thousands of persons	143954	2713
Average annual quantity, engaged in economic structure, thousands of persons	64709,5	1164,8
Gross regional output in 2000, billion of roubles	6278	107
Per capita, thousand roubles/person	43,3	39,0
Main funds of economy, billion of roubles	21557	423
Volume of industrial output, billion of roubles	5881	105
Volume of agricultural output – total, billion roubles	962622	16216

Ⅲ-3 地質・水理地質

対象地域は中央アジアに位置し、異なる時代と様々なタイプの地質構造の複合体からなる。すなわち、先カンブリア紀シベリア卓状地、サヤン-バイカルとトランスバイカル褶曲山地、新生代バイカルリフトゾーンからなる。インド-ユーラシア大陸の衝突と最近の構造活動に起因して、中央アジアはプレートとマクロプレートに分割される。

バイカルリフトゾーンは、シベリアとトランスバイカルマイクロプレート間の複雑化したプレート内部の境界として 30 Ma に形成が開始された。すなわちこの地域は、アムールプレートがユーラシアプレートから分離した場所である。それぞれの地域は、その地質的および熱的進化に対応するそれぞれの地質的特徴を有する。

1. 地下温度場の形成に影響する要因

バイカル湖と隣接するサヤン-バイカル褶曲地域の複雑な地質構造、水理地質的状况、広範な地域にわたる厳しい気候は、地熱地帯の形成に重要に影響を与える

(i) 物理的-地理的情報

上部層準において温度分布に影響している主要な物理的-地理的要因は、起伏、堆積作用、気候条件である。バイカル隆起域（東サヤン隆起域と中部-シベリア高地の南部）は、検討対象地域の内部に位置する。

バイカル地域の気候は、典型的な大陸性気候である。ただし気候の大陸的特性は、バイカル湖の沿岸において、バイカル湖の水質量の熱的影響を受けて多少低下する。季節的および一日の温度は、明瞭に変化する。冬季は凍結するが、雪は少ないのが特徴である。平均年間気温は、北部で -4°C 以下であり、南部で -1°C ないし -2°C である。平均年間の最高気温は、バイカル湖の西岸に位置するペシヤナヤ湾 (0.3°C) で認められる。

東シベリアの南部における平均年間気温の等温線は、レナ川とバイカル湖に隣接して、地域的にずれながら北部から南西方に移動する。地域の大部分において、凍結のない期間の長さは 100 日を越えない。

バイカル湖は、世界における淡水の最大の貯蔵庫であり、その水温は 200~250 m の深度までの最上部層においてのみ、季節変化を示す。その下位の層は、湖底まで温度のむしろ緩やかな減少を示す。湖底に近い層において、水温は大圧力 (100~160 気圧) により 4°C ($3.1\sim 3.5^{\circ}\text{C}$) よりもわずかに低い。冬において (12 月)、バイカル湖をおおう気温は陸をおおう気温よりも高く、 11°C である。しかし、夏 (7 月) において、気温は 5.6°C と低い。ゆっくりと熱せられまた冷却されるバイカル湖の水質量は、湖岸に近接する地域の気候に実質的な影響を与えている。東シベリアの南部における年間降水量は、300~400 mm に達する降水をとまう

日は平均 140～150 日を数える。最も高湿度は、バイカル湖と東サヤン山脈の風方向斜面で、降水量は 600～800 mm に達する。東シベリアの最大の降水量は、クマルーダバン山脈の北西斜面で見出される降水を有する日数は、平均 180 日である。永久凍結は、対象とした地域をつうじて大部分の地域において発達する。

中部シベリア高地の南部は、第 1 次的に島形の永久凍結を示す永久凍結の岩石に乏しい島形は、バイカル地域周辺の沼地、および河谷の北側斜面の麓に発達する。永久凍結シークエンスの最大厚さは 10 m を超えることはなく、その温度は $-0.1\sim-0.2$ °C である。永久凍結岩石が発達しない地域は、イルクーツクーチェレムコヴォ低地を含む地域に見出される。レナ隆起地域とサヤン低地において、永久凍結の最大厚さは 40～60 m に達し、温度は $-0.5\sim-0.8$ °C である島形の永久凍結は、バイカル湖とサヤン地域の低山地において広く分布する。永久凍結岩石は 15～50 m の厚さであり、温度は -0.2 °C、 -0.5 °C である。taliks(tabetisols)の島によって貫かれている永久凍結岩石の山地は、サヤン-バイカルゾーンの高い山地の起伏において観察される永久凍結の最大厚さは 80 m に達し、温度は -1.0 °C よりも高い。高い山地部は、taliks のまれな島をとともなう、大きい永久凍結の山地を含む。永久凍結シークエンスの最大厚さは 100m にも達し、温度は -1.5 °C よりも高い。永久凍結が連続的に存在している地域は、東サヤンとバイカル隆起地域の高いはげた山地部に封じ込められる。永久凍結の厚さは 150～300 m であり、温度は -6 °C、 -8 °C である。

特殊な永久凍結は、より大きい山地内部の低地に普遍的に分布し、永久凍結地層の 2 つの層準を含む。上位層は島状タイプを有し、20～30 m に達する厚さを有する。下位層は埋もれた層であり、先氷河期の最近の顕著な沈降構造に起因して形成された。地形的データ（電気検層曲線、重力的）は、バイカル低地における永久凍結を示し、永久凍結の厚さは 200 m 以上である。しかし、その上部境界は約 100 m もしくはそれ以上の深度で見出される。永久凍結の最大厚さは、バルグジン低地の分離された盆地に対して 200～300 m として推定される。ツンカ低地のいくつかの場所で、永久凍結は活動的層の下位にすぐに見出される。しかし他地域では 100 m までの深度で観測されるが、ある場所ではより顕著になる（イルクーツク川の川床）。しかしながら、ある場所では永久凍結は、地表から 500～900 m の深い深度に発達する。

2. シベリア卓状地の南部における地質構造

シベリア卓状地は、バイカルリフトゾーンの北部と北西部に位置する。サヤン-バイカル曲隆は、多くの場所において直接この地域（バイカル低地、リフトゾーンの北西斜面）に接している。他の地域においては、多様なタイプのこれらの地質構造は、漸移的な構造単位を通じて周辺と結合する（サヤンとバイカルーパトム盾状隆起域）。

卓状地の南東部において、新生代堆積物は200～300 mの厚さを有する。それらは、先バイカルおよびサヤントラフの領域内に位置し、負の構造要素の内部を満たしている。後者のトラフ内部において、それらはジュラ紀の大陸性石炭含有堆積物によって覆われ、200～300 mの厚さを有する。南東部において、卓状地の堆積性被覆層の主要部は、下部古生界から構成される。砕屑性堆積物に加えて炭酸塩岩等を含み、堆積性被覆層の厚さは200～300 mに達する。

卓状地の基盤は、初期始生代および原生界の結晶質岩石からなる。それらは片麻岩、角閃岩で、多数の貫入岩によって破壊されており、貫入岩の組成は、酸性から塩基性に変化する。

(i) 地域の構造的、地質的および地質力学的特性

東シベリアの南部は、以下の異なる時代の構造的活性化された3地域からなる。

古生代：シベリア卓状地の南部地域すなわちイルクーツクすり鉢状構造

中生代：中程度に褶曲したトランスバイカル山脈

新生代：顕著な褶曲山脈をなすサヤンバイカル地域で、主としてバイカルリフトゾーンを占める。

対象地域の西部は、イルクーツクすり鉢状構造を含む。

結晶質始生代～原生界基盤と、主として下部原生界からなる堆積性被覆層からなり、2つのレベルの構造を有する。すり鉢状構造のある場所において、後期古生代と初期中生代の塩基性火山岩および層内トラップの貫入岩を主体とする。堆積性被覆層の厚さは、先バイカルとサヤン縁辺トラフとサヤンエニセイ低地において3～5 kmに達する。ツイガロヴォ曲隆帯（アンガラ複合帯）あるいはネプスキー曲隆帯のような、基盤のこのような大規模な上向きの構造的単位において、2.5～2.0 kmあるいはそれ以下に減少する。深部掘削のデータは、シベリア卓状地の南部地域の堆積性被覆層において、豊富な塩化物-炭酸塩岩、およびそれほど豊富でないが陸性層を含有する。

イルクーツクすり鉢状構造の南東部において、堆積層の上部はジュラ紀の石炭含有堆積物からなる。一方、中央部と東部はシルル紀とオルドビス紀の陸性堆積物を含む。石灰岩と苦灰岩の薄い介在層をとまう砂岩、シルト岩と粘土岩である。厚さは、10～500 mに変化する。

すり鉢状構造の東部の大部分は、上部レナ系の多色性砂岩質～マール質堆積物によって占められる。その最大厚さは、アンガラーレナ流域において800 mに達する。北部では、リトヴィントセヴスカヤ系の堆積物を含む。石膏と硬石膏マールの介在層をとまう石灰岩と苦灰岩（マルコフスキーとウストークト隆起域）である。場所によって苦灰岩は岩塩を含み、系の厚さは150～260 mである。

堆積性被覆層は、下部カンブリア系に主として生成されている。最上部の堆積物はレンスク層に属するが、最下部はアルダン層に属する。レンスク層の炭酸塩岩層

の複合体はアンガラ系とブライ系を含み、苦灰岩（しばしば石灰質）からなる。これは、まれに介在層（炭酸塩岩～粘土質片岩、石灰岩、マール、粘土および石英砂岩）をともなう。石膏、硬石膏、部分的に塩化した岩石の介在層は、ベルスク系においては普遍的である。レンスク層岩石の全体の厚さは、700～1200 mである。アルダン層の上部はウソルスク系を含む。岩塩の連続的層は、厚さは1 m以下から50～75 m以上に変化し、苦灰岩と互層する。場合によっては粘土質、石灰質、しばしば岩塩質となる。最大の岩塩含有量（60～65 %まで）は、すり鉢状構造の中央部に特徴的である（ツィガロヴォ曲隆など）。すり鉢状構造の縁辺部すなわちサヤンとバイカル地域において、この系は主として苦灰岩と硬石膏からなる。岩塩層は、ほとんど発達しない。ウソルスク系は、モトスカヤ系によって覆われる。その上部（上部と中部モトスカヤ系）は苦灰岩を含む。しばしばマール様であり、砂岩と粘板岩の介在物をともない、苦灰岩－硬石膏を含む。

アルダン層の底の部分（下部モトスカヤ系とウシャコヴスカヤ系）は、結晶質基盤の上に分布する。主として陸性堆積物からなり、細粒から礫状までのほとんど多様な砂岩、シルト岩、粘土岩、粘土質粘板岩を含む。これらの岩石は酸化環境で大量に集積したもので、赤色と褐色に変化しており、豊富な鉄水酸化物によって確認される。苦灰岩と石灰岩の層およびレンズは、これらの堆積物の間に産出する。

アルダン層の厚さは、300～500 mあるいはそれ以上に達する。すり鉢状構造の西部および北西部において、堆積性被覆層は、主としてペルム紀～三畳紀の貫入岩の貫入を受けている、鉱物組成において、これらの岩石は輝緑岩と閃緑岩を含む。堆積性被覆層は、豊富なアーチ状あるいはドーム状の隆起帯と沈降帯を含む。しかしながら、地域の重要な部分において、堆積岩は単斜構造的な褶曲、および褶曲した粹地域から卓状地の中心に向かって漸次沈み込んでいる構造によって特徴づけられる。

すり鉢状構造の基盤は、平均して約25 mの深度まで研究されている。これは、1.7～2.5 km（ネプスキーアーチ）から4～5 km（アンガラ複合帯、サヤン－エニセイ盆地）までの深度において、調査孔によって掘削された。これは始生代～原生代の結晶質岩石からなる（片麻岩、角閃岩、多様な花崗岩、花崗閃緑岩、閃長岩－閃緑岩）。

剛体的な始生代ブロックが、亜子午線的に指向された“ブロックテクトノゲネシス”を形成しつつ、イルクーツクすり鉢状構造の東部において主体をなしている。これは、鉛直的な混乱の小規模な振幅、および高い応力に対する非延性的反応によって特徴付けられる。反応は、変形（断層と破碎帯）の広い地帯の形成をもたらす。すり鉢状構造の西部は、長期間にわたって、重要な延展性を保存している、原性代の褶曲構造によって特徴付けられる。堆積性被覆層において見出される構造は、卓状地の結晶質基盤の深部混合を示し、またその構造を受け継いでいる。

(ii) 地域の深部構造

重力的および地震データは、リフトゾーンの地殻は厚さの大きな変化において、隣接地域の地殻とは異なることを示す。リフトゾーンにおいて、地殻の厚さは35 km (バイカル盆地の最深部) から50 km (ツンカ盆地の山脈フレーム) まで変化する。顕著な変化 (8~10 km) は小規模 (15~20 km) な振幅でしばしば発生する。地殻は、山脈に直接的に接する地域と比べて、大規模な盆地の下で薄くなる傾向にある。シベリア卓状地の南部において、地殻の厚さは38~41 kmの間で変化する。反射境界は、従来から知られているコンラッド面の中間面として考えられ、深度19~20 km において見出される。

卓状地の結晶質基盤の屋根に相当する“花崗岩質層”の厚さは、約15~17 kmに達する。この層は、酸性のマグマ性地層 (花崗岩, 花崗閃緑岩) および変成岩 (花崗岩質片麻岩と関係岩石) からなる。地殻の下部に産出する玄武岩層は20 kmの厚さを有し、おそらく組成的に輝緑岩や閃緑岩に類似する岩石から構成されると考えられる。

(iii) 深部構造 (坑井データに基づく)

対象地域の深部構造を、坑井から得られた地質的シーケンスから考察した。温度分布は、坑井において測定された温度の範囲にもとづいて推定される。対象地域における、最深の坑井はバイカル湖の南西の湖岸に位置するL-2である。この坑井の測定温度の範囲は1000 mを越える。

リストヴィニチュノエ地点

坑井L-2はリストビアンカ居住地に位置し、バイカル湖の西岸かつアンガラ川の源の右岸に位置する。坑井の岩石はグラニュライト相の条件下で広域的に変成しており、混成岩化作用と花崗岩化作用のような超変成過程に支配されている。

L-2の深度463 mまでに見出される岩石は、異なる2つの重要なタイプを含む。それらの1つのタイプは、グラニュライト相の岩石を含む。もう1つのタイプは、混成岩化作用と花崗岩化作用の結果として新たに形成された岩石である。グラニュライト相の岩石は、異なる規模と形状の痕跡として保存されている。よりしばしば薄い平行した、時には曲がりくねった帯状 (混成岩)、または円状ないし不規則な形状の斑点状 (アグマタイト) として保存されている。このタイプの岩石は、多様な結晶質片麻岩を含む (両輝石, 輝石, 黒雲母-輝石, 黒雲母-角閃石-輝石)。より新規に形成された脈状物質が、残りの部分を充填している。これの組成は花崗岩、ないしは斜長花崗岩に対応する。

痕跡状および脈状物質はその量比にもとづいて、3つの層準に区分される。

上部層準のグラニュライト相の花崗岩化および混成岩化された岩石は、深度7 ~ 511 mの区間で見出される。シーケンスのこの部分は、脈状物質はあまり豊富でな

いが、痕跡物質は卓越する。結晶質片岩は2～5 cm幅のバンドを形成するが、それらは脈状物質と明瞭に異なる。

中部層準の花崗岩化した混成岩が、シークエンスの中部（L-2：深度511～802 m）において確認される。この深度区間における痕跡物質メタテクサイトの量比はほぼ1：1に近い。岩石の色調は全体として、より淡色の灰色が卓越する。痕跡物質から脈状物質までの変化は漸移的である。したがって、それは痕跡物質を区別することを困難な場合もある。

下部層準の花崗岩化した片麻岩が、深度802～1163 mの深度区間で見出される。このシークエンスの下部は、痕跡物質は乏しい。痕跡物質とメタテクサイトの境界はあまり明瞭でない。

スルディヤンカ地点

坑井（22-G）は、スルディヤンカ町のバイカル湖の南西岸に位置する。

地質シークエンスは以下のとおりである。

深度0～200 m：スルディヤンカ川デルタの洪水平野堆積物で、巨礫～中礫物質

深度20～151 m：大理石と片麻岩の互層

3. バイカル地域の地熱領域

（i）中立的地帯からの岩石の温度

対象地域において、季節的温度変化がみられる層の深度は平均10～20 mである。この深度での温度は0℃に近い。しかしながら、永久凍結地帯において、中立層の深度は30～60 mに増大する。したがって、温度はこの底において低下する。永久凍結した岩石が連続的に分布するゾーンにおいて、主として構造的複雑化した場所において見出される局地的な浸透性のタリクスが観察される。特にそれらは、連続的に流れる河川の河床の下位、および大きい貯水池の下位に生成している高浸透性の岩石と同様に、地下水を地表に導く役割をはたす。このように、地殻上部層準の温度的状況は、中立層の存在の深度、永久凍結層の有無と厚さ、水交換の強さ、起伏と斜面の露出性の解体等と関係する。

地熱パラメータの値を決定する場合、気候的影響のゾーンは計算から除外されており、必要な補正が加えられている。

バイカル湖の西岸に関して、アンガラ川の源に近いリストヴィンチェノ居住地に位置する坑井は十分に調査された。坑井は深度1,163 mであり、始生代の結晶質岩石中を掘削された。坑井の岩石は、グラニュライト相の条件下で広域的に変成作用をうけている。坑井（L-2）の上部において、深度30～35 mの深度区間で、ほぼ1℃の温度低下が観測される。この温度は、深度5 mにおける温度に対比される。この深度まで、バイカル湖と冷たい地表水の冷却効果が、坑井と地層の空隙ゾーンを通

じて影響を与えていると考えられる。

深度35 m以深において、温度は漸移的に上昇し、坑井の底における29 °Cに上昇する。深度0~260 m区間において、4点で温度測定がなされた。現在の地表において熱的ダイアグラムを外挿する時の温度は3 °Cである。地熱勾配の最低値は、シークエンスの下部において普遍的に認められる（深度800 m以深）。この部分は花崗岩化した片麻岩が支配的である。この層準における平均的な地熱勾配は、 2.16×10^{-2} °C/mである。このシークエンスの上部は、グラニュライト相の花崗岩化およびミグマタイト化した岩石を含む（マグマタイト、アグマタイト、スカルン、ペグマタイト、花崗岩）。この部分における地熱的勾配は、 2.26×10^{-2} °C/mを平均値として変化する。地熱勾配の変化は、岩石の熱的—物理的特性における変化、および節理の程度に起因する。データは、L-2孔における熱流量が 67 mVt/m^2 の値まで達することを示す。この値は、 47 ± 5 に等しい実際の熱流量および上記の値の補正の両方を含む。これは、湖水の冷却効果、および岸から離れたゾーンの表面温度における違い等の、バイカル湖岸の現在の氷河作用によるに由来する。

計算は、L-2坑井で測定された熱流量の平均の標準化された値は、 50 mVt/m^2 に達することを示す。しかしながら、もし起伏の影響と熱伝導率のコントラストに関係する補正がなされたならば、熱流量は 53 mVt/m^2 に上昇する。

(ii) 深度150 mおよび1,000 mにおける温度

浅い坑井における温度の決定は、より信頼性は低い。温度は、深度1000 mに近づくまで線形であるとしている。L-2坑井の温度測定は深度1000 mを越える深度までなされた。坑井22-Gが関係するスルディヤンカに関して、深度150mの深度における温度を示す。この地域において適切な地熱温度勾配を考慮した場合、深度138 mの深度で測定された温度に類似する。

シベリア卓状地の南部における深度1 mにおいて、測定された温度は14 °C~29 °Cまで変化する。温度異常は、イルクーツクーチェレムコヴォ盆地のウストロクトおよびジガオヴォの近くで示される（25~30 °C）。深度5kmにおいて計算された温度は、40~118 °Cに達する。異常地域において、それらは80~100 °Cを越える。熱流量と深度温度の分布は、堆積性被覆層の地質的—構造的な特性および熱的—物理的断面における異質性に起因する。これはアンガラレーナのアーテシアン盆地における熱伝達と同様である。この盆地のリチャージ地域は、岩塩ドーム上の塩水ディスクチャージである中心部に比較して、熱流量と温度はかなり低い。

広域的な熱流量の低い値は、シベリア卓状地の南部地域の構造的安定性を示す。これは、地熱領域の特殊な参考標準としてみなすことが可能である。

バイカルリフトゾーンの深度1 kmにおいて、リフト盆地は20 °Cの等温線によってその輪郭が描かれる。これらの等温線の内部において、温度はツンカにおいて37

～56 °C，セレンガにおいて33～55 °C，バルグツィン盆地において22～66 °Cである。深度5 kmにおいて，リフトゾーンは60 °Cの等温線で特筆される。一方，リフト低地は，70 °Cおよび100 °Cの等温線で輪郭が描かれる。これらの境界内部において，ツンカおよびバルグツィン盆地において120～150 °Cまでの温度上昇が予想される。

すなわちリフト低地は，それらの褶曲したフレームに比べてより強く熱せられている。シベリア卓状地の南部における広域的な熱流量は，リフト盆地の褶曲フレームと同様に，主として伝導による熱の移動に起因する。

(iii) 熱流量

シベリア卓状地の南部において，64の深部坑井における測定が行われ，21～60 mVt/m²の熱流量の変化を示している。その平均値は38 ± 4 mVt/m²である。強い熱の移動 (45 ± 6 mVt /m²)は，背斜構造のアーチ部分，および構造的に複雑化された岩塩ドームにおいて観測される (ツイガオヴォ，ウスト クト等)。低い熱流量は，ネプスキー曲隆地帯および周辺の隆起帯で普遍的である。バイカルリフトゾーンにおいて，熱流量はむしろ非均一である。その値は，15～20から100～200 mVt/m²あるいはさらに高い値まで変化する。さらに，この値の幅はバイカル低地で普遍的である。ほとんどすべての場所で，この値は50 mVt/m²を超える。

異常的に上昇した熱の移動 (100～200 mVt/m²) は，分離した地域においてのみ発達する。この地域は，通常は湖の岸にそっており，引き延ばされた断層の地帯において見出される。熱流量の過剰な値 (200～3000 mVt/m²) は，湖底の断裂に関係する水-熱ディスチャージの局所的な中心地において見出される。熱流量の平均値は，過剰な値を除くと，71 ± 21 mVt/m² に等しい。

リフト盆地の褶曲フレームにおいてなされた29の坑井の測定は，40 mVt/m²の平均熱流量を示す。熱流量の低下した値は，熱の再配分，および低地の床に対する熱の対流的分配の removalに起因する。

4. 地域の水理地質的状态

シベリア卓状地堆積物の地下水のリチャージは，特別な性状によって示される。岩石の単斜構造的な産状により，深部層に比べて，リチャージに対して上部層準はより有効な条件を有する。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。これらの地域は，ほとんど地下水産出地域と一致する。

下部カンブリア紀と原生代の堆積物における地下水は，限られた地域においてリチャージされる。すなわち，水を保有する岩石が地表に露出する地域，あるいは相対的に良い浸透性の岩石によって被覆された地域である。アーシアン盆地の地下

水の主要なリチャージ地域（第1次オーダー）は、サヤナーバイカル褶曲フレームにそって分布する。これらのリチャージ地域はシベリア卓状地の隆起帯を含み、始生代および原生代の変成岩からなる。組成において、これらは新鮮あるいは超新鮮な水（鉱物化作用は 0.5 mg/L 以下）で、陽イオンと陰イオンの混合した組成である。

表 3.6 が示すように、坑井によって貫かれたシークエンスは、異なる厚さの炭酸塩岩と変成岩からなる。水の産出する深度は、2~3 m から数 10 m まで変化する。

調査対象地域の地下水の自然的起源を推定するにあたって、総河川流出のハイドログラフによる方法が实际的である。地下水の流出は、99の水理的地点のデータに基づいて推定された。特徴的なハイドログラフは、少なくとも5年間の観測データに基づくもので、すべての河川に対して設定された。これらのハイドログラフは、地下水流出の図形的決定に対して使用された。短い観測期間のすべての地点は、長期間の観測をもつ地点に対して正規化された。

結合された観測期間に依存する地点アナログを正しく選択するために、多様な総合化された曲線の構築あるいは相関関係のダイヤグラムによって確認された。相関係数 (K) は、両地点の同期特性の測度として活用された。相関係数は、 $K > 0.5$ を満足することで妥当と考えられた。偶意的な“K”の可能性は、フィッシャー検定によって特徴づけられ、5%以上は許容範囲でない。多様な総合化された曲線と相関性のダイヤグラムは、冬期間の小水量の平均的消費を用いて構成された。結合的な観測数が少量（5以下）の場合、冬期間の小水量の月別平均消費が使用された。

アンガラーレナアーシアン盆地あるいはその分離した地域において、水理的分帯は繰り返し行われた。水理的分帯における地域と亜地域は、第1次的に選択され、選択は流出の標準値、流出の年間レジメ、高水位あるいは洪水の形態学的特性にもとづくものである。流出の標準値はハイドログラフの部分化に影響を与えないので、使用可能な水理的分帯は、なんらの問題なしに単純化されうる。

主として年間流出のレジメにもとづく河川の分類は、以下に示される。部分的あるいは全体的な大規模な通過性河川の年間レジメは、対象とする地域の外側に位置するが、盆地の一部における流出の形成からもたらされる。盆地の内部および外部の大きさの比率に依存して、アンガラ川の盆地においてこの影響は明瞭に観測される。また、タシーバ、II、オカ、ベラヤ、イルクートおよびキトイ川の河口と同じ距離に見出される。しかるにレナ川の盆地においては、それはカチュグ町の近くの上流およびキレンガ川において見出される。

これらの河川は、春季-夏季の高水期および暖期間の洪水によって特徴づけられ、定期的に高水を越える。春季の高水は、独立した時相としては期待されないもので、5~10の洪水と合成したものである。部分化のスキームにおける根本的な違いは、総

計の河川から地下への流出、および高水または洪水期間の地表成分のハイドログラフを決定するラインの位置である。地下水流出の力学の見積もりは、河川における長期間の水位変化における、地下水流出の沿岸調整の規模を推定することで行われる。地下水と地表水の間における水の変化の容量は、第1次的に容量および河川における水位の上昇率に依存する。また、沿岸地帯において発生する高い水位の持続期間と、岩石の浸透特性にも依存する。このように、観測が継続されるならば、沿岸調整のみを定量的に推定することは可能である。

イルクーツクとブラーツクの人工貯水池の沿岸地帯を除くと、アンガラーレナアーテシアン盆地の領域内部において、地表水と地下水の相互作用に関する観測データはほとんどない。したがって、地下水の流出に関する可能な沿岸調整の推定は、河川水の特徴的レベルに関するダイヤグラム、および排水システムの水理-地質的状態の解析の推定に依存する。

アンガラーレナアーテシアン盆地の主要地域において、河川水と地下水の一般的な水理的関係は適用できない。この地域は、レナ川とイリム川のほとんど全部の盆地を含む。これらの盆地は、オルドビス紀（ウストークト地層）および上部カンブリア紀（ウストータルキンスカヤとミカイロ層準）の炭酸塩岩と砂岩を含む。河川河谷のすべての地域において、広域的な水に抵抗的な地層の尾根は、水の最高レベルの上に位置している。

卓状地の領域内部において流出を形成するすべての河川は、基本的に地下水との水理的関係を有しない。しかしながらこのような関係は、地下水の流出についてのなんらかの重要な沿岸調整を示すものではない。

70のダイヤグラムの解析は、平均水位を超える高水のレベルの過剰は、1~3mの幅で変化することを示す。さらに、水位の上昇と浸透の時相はほとんど10日に達する。両者のパラメータは、ダイヤグラムシステムの大きさが増加するにしたがい成長する。この条件下で、沿岸調整がほとんど欠如することは明らかである。洪水の上昇に関していえば、それらは一般に平均年間上昇よりも低い。しかしながら、高さに関していえば、それらは一年の寒冷期間の水位よりも少量である。大きい排水域を有する通過性な河川に対して、平均値を超える洪水レベルの過剰はしばしばではないが4 mに達する。非浸透性時相は小規模で平均的規模の河川と比較して、多少長くなる（約15日）。排水域が増大するにつれて、レベルと非浸透性時相における顕著な上昇は認められない。

アンガラーレナアーテシアン盆地の周辺において、豊富なカルスト地形の下部カンブリア紀レナ層の高氾濫した堆積物を含んでおり、最大レベルは平均的レベルを1~1.5m 超える程度である。上記のことは、地下水流出の沿岸調整は小規模な地域において見出されること、およびその効果はあまり重要でないことを示す。

ハイドログラフを分離する際に、地下水流出の力学に関する重要なデータの変換な

しに、沿岸調整を無視することができる。上記に意図されるように、寒冷期間において、河川流出の重要な容量は氷に集積される。言い換えれば、調査地域の限界において、地下流出のシステムティックな氷の調整が存在する。洪水システムの形態的特長（しきい値等）は以下のとおりである。長い冬期間（160～200日）における底に向かっての一定の凍結の浸透は、平均規模と小規模河川において観測されるのみでなく、イリム、レナ川上流部、オカ、チュナ、ビリユサ等のような大きい河川においてもしばしば観測される。通過性河川に対する地下流出の収支を計算する場合、もし排水システムが10,000～20,000 km²ほど増加するならば。ほとんどすべての場所、一年の寒冷時期の全期間において、15～20 m³/secに達する流出の不一致が認められる。

不一致が追跡されない時でも、凍結における流体流出の損失は、明瞭に観測される。それらは、12月、1月および2月における、流動の明瞭で確実な増大において表現される。レナ川に対して、11月における流動を超える12月における流動の過剰は、180 m³/secである。35年以内において、それは47 m³/sec平均である。

流体流出の非常に高い損失は、ベレナ川の盆地において見出される。1972年2月～3月における水理的調査は、アンガラーレナ被圧盆地境界と隣接地域との間において、観測地点の流動において25 m³/sの不一致を示す。これは5 L/s km²の地下流出のモジュールに対応する。それは、カルスト水の多量のディスチャージをとまなう盆地で発生する。これとは反対に、沿岸調整は、それは年間における地下水の流出を再配分するのみであり、平均年間値に影響しない。

凍結の調整は地下水流出の力学をゆがめ、および相当にその値を減少させることができる。特に、それは冬季の低水の最低流出にたいして事実である。全体として、もし我々が氷結の調整力を考慮しないならば、それは冬季の低水を10～30 %ほど減少させる。また、通常、平均年間地下水流出を10～15 %ほど減少させる結果をもたらす。氷結の値は、特徴的なハイドログラフを使用して決定される。これとともに、河川が凍結した期間について、特に氷の形成と氷結を区別していない。

河川の流出は独占的に地下水流動に起因して形成される。ハイドログラフの研究は、脈動的な方法においておよび年間全体の寒冷期間において、どこにおいても流体は系統的に離反することを示す。それは、冬季の低水の期間において、退行的な曲線の分裂および流動における反復的な増大という結果をもたらす。したがって、1月における流動は、12月のそれよりもしばしば高い。一方、2月の流動は、1月におけるよりも多い。増大する氷結の強度は、先行する期間（10月）のディスチャージおよび11月、12月および1月～3月のディスチャージの間において、一般に関連性の低下によって伴われる。先行する期間の水成分と年の比較は、冬季の低水の開始から終了までの、長期間の関連性の低下は、排水システムにおける氷結の強度の変化に起因することを示す。

トータル河川流出の地下水の成分は、最も安定であるということは、よく知られて

いる。したがって、 $C_{v\text{winter}}$ はトータル河川流出の変化の係数(C_{vt})、よりも常にかなり小さくあるべきである。実際に、何百のケースにおける2つにおいてのみ $C_{vt} > C_{v\text{winter}}$ であり、および基本的に C_{vt} である。排水システムの大きさおよび地下排出のモジュールと関係なく、 $C_{v\text{winter}} = 1.5-3.0$ である。通過性の河川に対してさえも、この比率は1.2~1.5に等しい。このように、氷結の調整の会計は、実質的に冬季の低水の最低モジュールを増大させる。それは、平均年間、夏季の低水および冬季の低水流出におけるモジュールの差別の顕著なスムージングという結果をもたらす。得られた比率は、特徴的な春季の、力学的係数($K'_d = 1.2\sim 1.8$)に近似する。

非常に良く表現された夏季~秋季の低水の河川に対して、地下流出を分離するためには6点あれば十分である。高水が終了した後、地下流出は成長し、夏季~秋季の低水の開始までに最大の値に達する。その後、それは漸次減少する。通過性な河川への地下流出は、冬季の低水のディスチャージを用いて、差別的な方法によって計算される。

得られた値は、動的係数(K'_d)によって乗算された。後者は、氷結の調整を考慮に入れない、平均年間地下流出の冬季低水期間に対する比率を意味する。 K'_d 値は、尾根の間に位置する、および比較的長期間の観測を有するすべての支流に対して決定された。 K'_d 値はせまい限界(1.5~2.2)とともに変化し、および排水面積の増大とともにわずかに減少する。 $K''_{d\text{min}}$ は計算に使用可能な値の中で選択された。アンガラ、イルクーツク、ブラーツクの人工の貯水池に接する、未調査の河川および地域に対して、アナロジーの手法は広く用いられた。地下流出の計算において許容誤差は、小面積という理由からあまり重要でない。

(i) ゴロウストナヤ川、クルツン川、ブグルデイカ川の盆地における地下流出の形成

地下の流出は、地質構造の特性、地下水ディスチャージの特性および地下水流出の空間的分布によって影響をうける。地下水流出は、1980年~1981年の夏季および冬季の低水期間になされた水理的調査に基づく。5~6%のレベルにおいて相対的誤差の限界値を得るためには、上位の範囲に対する低い範囲において、ディスチャージの3倍の増大が必要である。15%に等しい限界的な相対的誤差において、ディスチャージの2倍の比率が要求される。水理的範囲は、水理-地質的条件、アプローチ性、調査時間を考慮して選択される。河川は、水理的範囲によって地点に区分される。すべての地表河川の流動および水のディスチャージは、調査期間に測定される。

クルツン川、ブグルデイカ川の夏季および冬季の水理的調査は、1~2日以内においてなされた。シアリングは完遂されなかった。これは、ゴロウストナヤ川の冬季の調査も同様である。ゴロウストナヤ川の夏季の水理的調査は、十分に大きな盆地

であることから、3日以内(2地点)になされた。調査中に、水位は規則的に低下し、7月27日までに18 cmほど低下した。水ディスチャージを処理する際に、計算されたレベルおよびカットした値が導入された。ディスチャージにおける違いの誤差は、特別な公式を使用して計算される。注：13～24地点に対して、計算されたレベルは“モルスカヤ コルエスマ”地点のデータを使用して、導入された。水理学的および水化学的研究は、ゴロウストナヤ川、クルツン川、ブグルデイカ川の地点が大きな損失および低水の増加を有することを示す。

(ii) ゴロウストラヤ川

夏季における低水の損失は、13～24地点および29～40地点において見出される。もし水理的データの誤差が±5%のレベルであるならば、損失は $1.33 \sim 0.63 \text{ m}^3/\text{s}$ および $1.53 \sim 0.82 \text{ m}^3/\text{s}$ に達する。流出の増大($+1.26 \pm 0.82 \text{ m}^3/\text{s}$)は、40～44地点において見出される。この地点において、河川水の鉍物化は155 mg/Lから172 mg/Lに増大する。13～24のレンジから、水の鉍物化は158 mg/Lから173 mg/Lまでに変化する。それは流出の損失と一致しているように見える。しかしながら、この地点でクンギン川はゴロウストナヤ川に流入することを考慮に入れる必要がある。

クンギン川のディスチャージは、13地点でのディスチャージの87%に達する。およびこの支流における水の鉍物化は348 mg/Lに達する。それは測定の実誤差と比較される低水の流出のあまり重要でない損失と増加、およびディスチャージ差異の計算は、その他の地点(1-8, 8-13, 24-29, 44-47)において現される。4～47地点における流出の増加する地点での夏季における、水平的な支流の予察的な観測は、以下の事項を示す。チャンネルの中間部における流出は、完全に欠如している。また、河口部における川床の消失このように、それらの盆地からの激しい降雨による流出さえも、下位層を經由して移動させられる。それゆえに、ゴロウストナヤ川の河口における流出の増加は、水平的な支流の下位層への流出に部分的に起因する。その他に、主要な部分は、斜面の地下流出に属する。

水ディスチャージの冬季での測定は、地下水ディスチャージが $+0.27 \pm 0.07 \text{ m}^3/\text{s}$ (49～52は13～24に対応する)の地点を示す。鉍物化作用は301 mg/Lから325 mg/Lまで増加する。流出の損失の地点(52～54, 54～55)は、それぞれ (0.19 ± 0.07) 、 (-0.12 ± 0.06) に達する。測定された水のディスチャージの増加は、ゴロウストナヤ川の水平的な支流の下位層への流出として分類されるべきである。観測は、冬季における水平的な支流の近くにおける、また下位層への流出の存在を明らかにするものである。

地下水流におけるバイリカン川は、完全に乾燥した地層を有する。および152 mg/Lの鉍物化作用をともなう $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ の下位層への水のディスチャージは、小河川の河口から30 mにおいて示された。多少の変化をともなう同様な現象は、この地点

のゴロウストナヤ川のその他の支流においても最も典型的である（チボルチャク川、デレヴェンスカヤ コレスマ川）。流出の損失（52～55）は冬季の水理的調査の期間に見出され、まず最初に氷結と結び付けられる。3月～4月において大気は気温が0℃～+5℃に温まり、夜間に気温は-10℃～-15℃に低下する。夜間の温度は、氷結した表面の薄い水の層を、氷の殻および水-氷混合物に運搬するのに十分である。このように、流出の部分は、川床の網から引き去られるが、これは水理的調査によって確認される。毎日の損失を推定することは不可能である。

このように、チャンネルの中間部は、ゴロウストナヤ川の河床が上部原生代の堆積物の走向にそって生じる地域であり、および弱く貫かれた凍結岩石が下位を占めている地域である。地下水のディスチャージは、川床において直接見出される。2.86 ± 1.45 m³/s（1980年7月）としての、河川水の損失すなわち下位層への流出は、この地点に普遍的に認められる。

これらの損失は季節的变化に起因し、おそらく河床堆積物における凍結の浸透に起因する。上流部および地下水流において、川床は岩石の走向を横切って発生する。上流域において、川床への地下水のディスチャージは存在しない。最もありそうなことは、河川谷における永久凍結の普遍的な分布のためと考えられる。河川の流出の増加は、ゴロウストナヤ川の殻の下位において見出される。それは、水平的な支流の下位層への流出斜面の地下流出、下位層への河川水のディスチャージに起因する

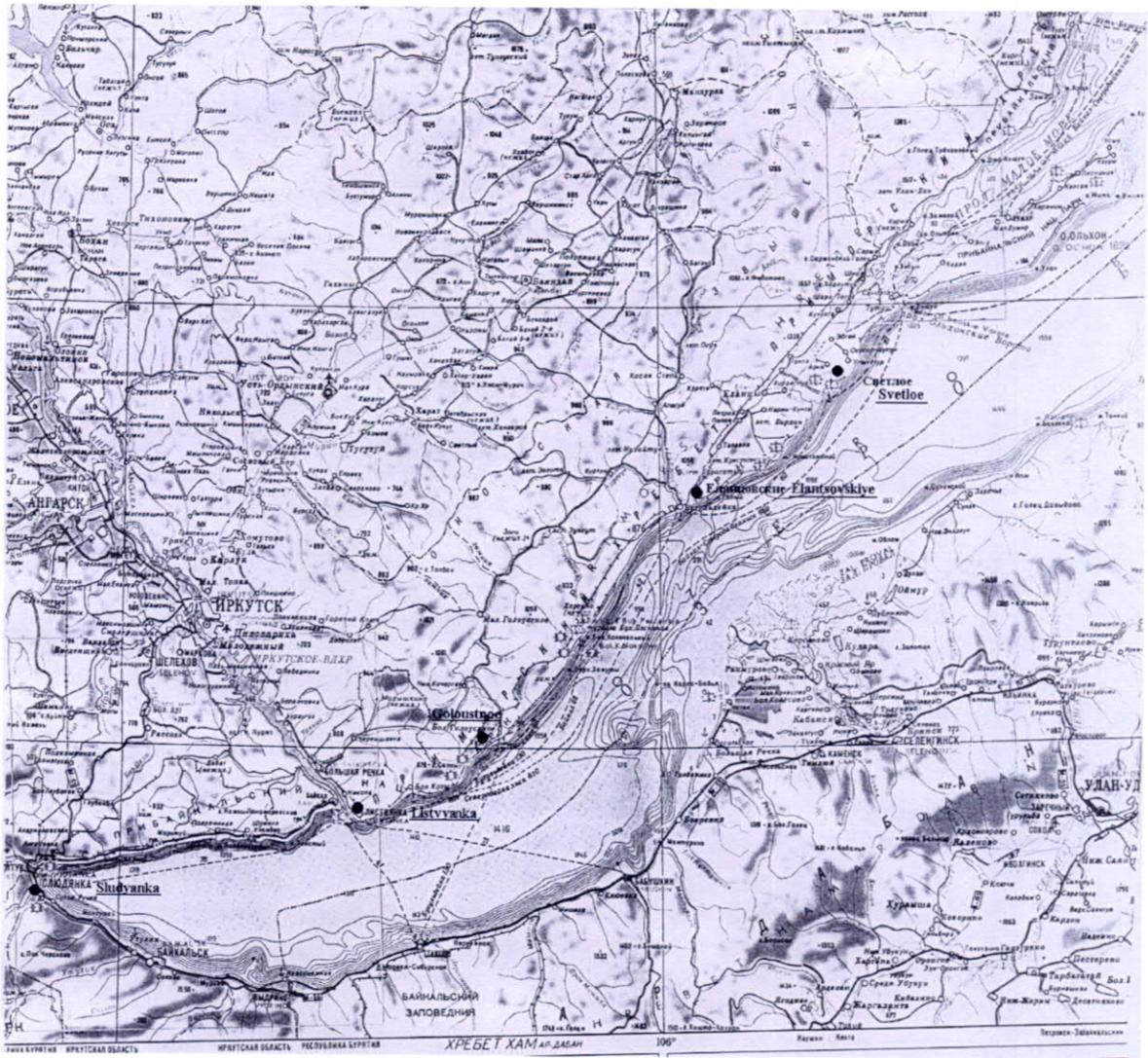
(iii) クルツン川

冬季の水理的調査は、水中にある地点および地下水の地表へのディスチャージを示し、トータルディスチャージは-1.31 ± 0.115 m³/sに達する。河谷の観測、水化学的および水理的調査は、クホゴト川までのクルツン川は、主として地下水に起因する河床流出を形成することを示す。川床は、この地点において水平的な支流を有していない。ツァゴタ川を除き、この河川は湧泉の連続をともなって始まっている。個別の測定は、ツァゴタ川河口の下流1.0 kmの範囲における、クルツン川の長期間の平均的なディスチャージは1.7 m³/sに達することを示している。クルツン川の地下水流において、地下水の水中におけるディスチャージが存在する（+0.91 ± 0.24 m³/s）。

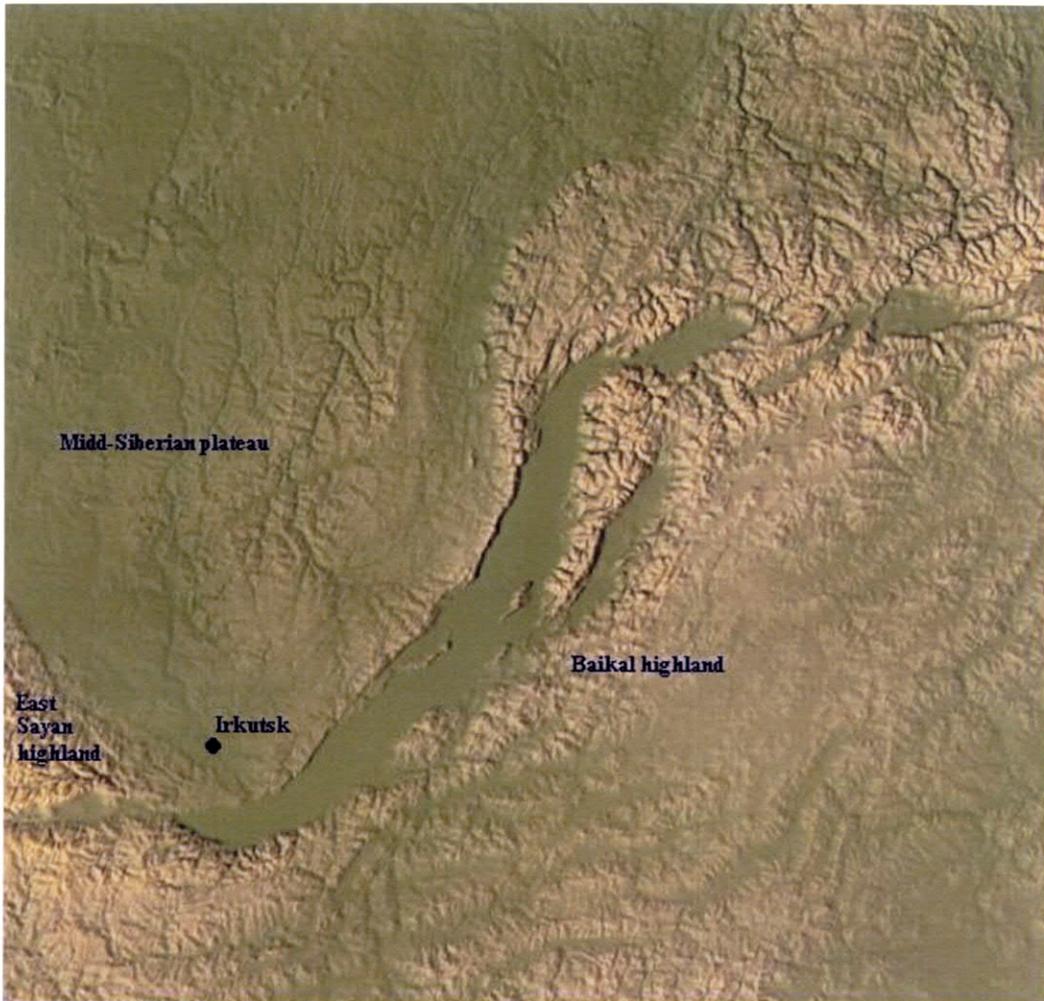
冬季において、13～15の範囲への全体的な増加は、水平的な支流の排水をともない、+0.98 ± 0.43 m³/sに達する。1980年夏季の低水期間において、決定誤差範囲内の流出の損失、および河川の間接流れにおけるディスチャージ差異が観測された。このように、クルツン川は地下水を利用して第1次的に流出を形成する。このディスチャージは、構造的に複雑化された地帯において見出される。および低水の河川流出の70～80 %までに達する。

(iv) ブグルデイカ川

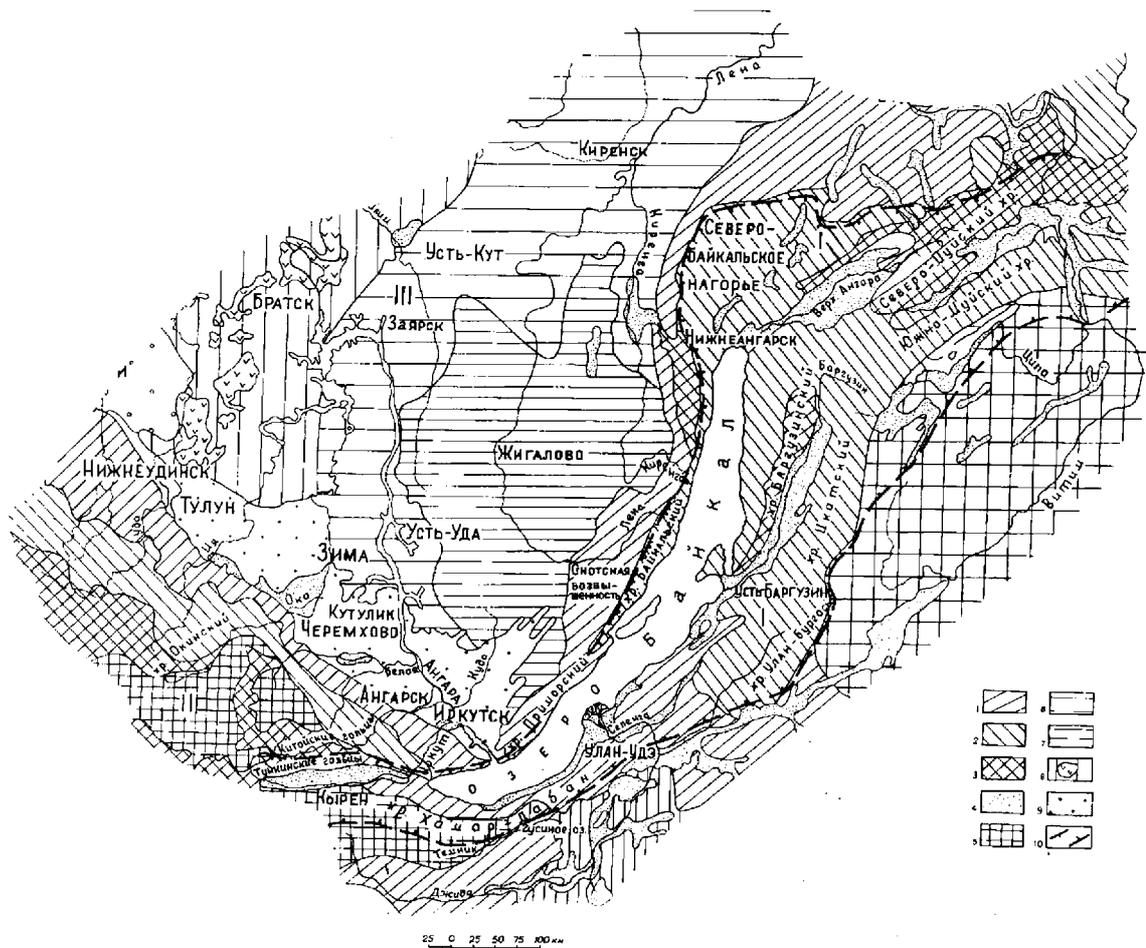
夏季における水理的研究は、盆地の中央部に位置するブグルデイカ川における、地下水の気中でのディスチャージの地点を示した (1-2 ($0,06 \pm 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$), 2-3 ($0,07 \pm 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$)). 水化学的データは、得られた結果を立証している。下流における、川床堆積物における浸透に対する河川水の損失は、 $0,70 \pm 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$ である。



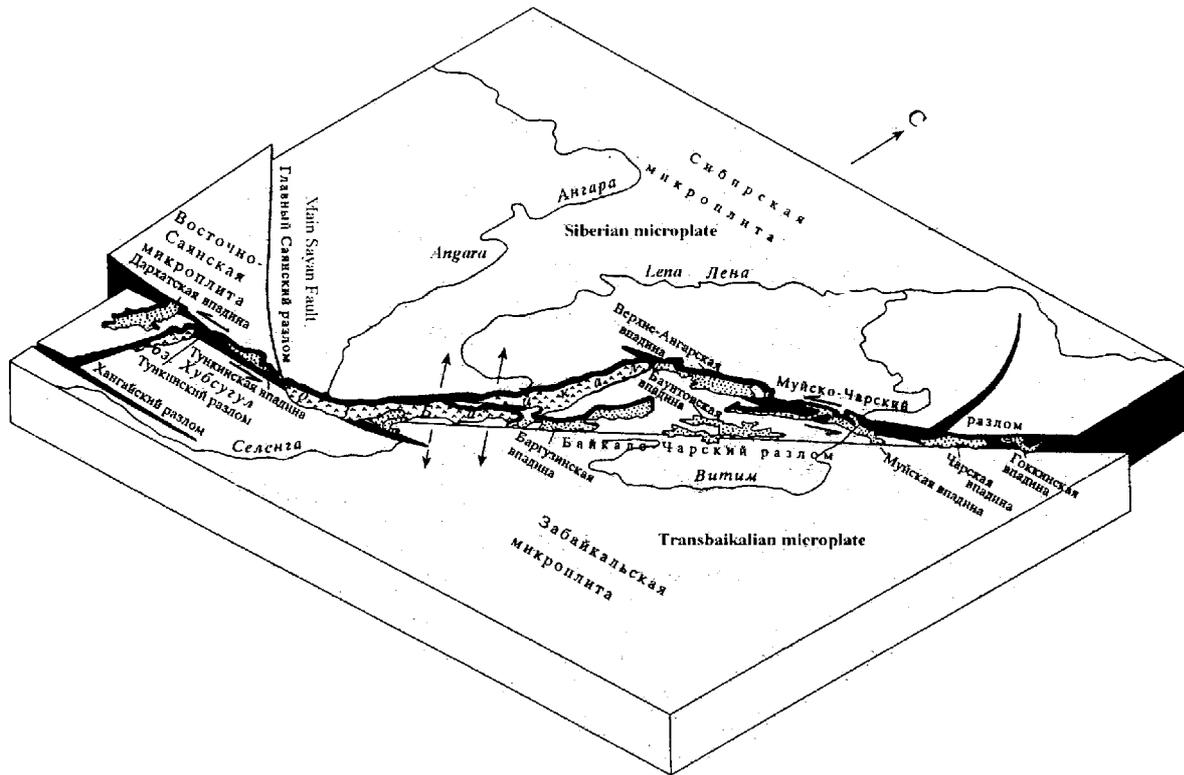
図Ⅲ－３－１　イルクーツク市周辺の地形図



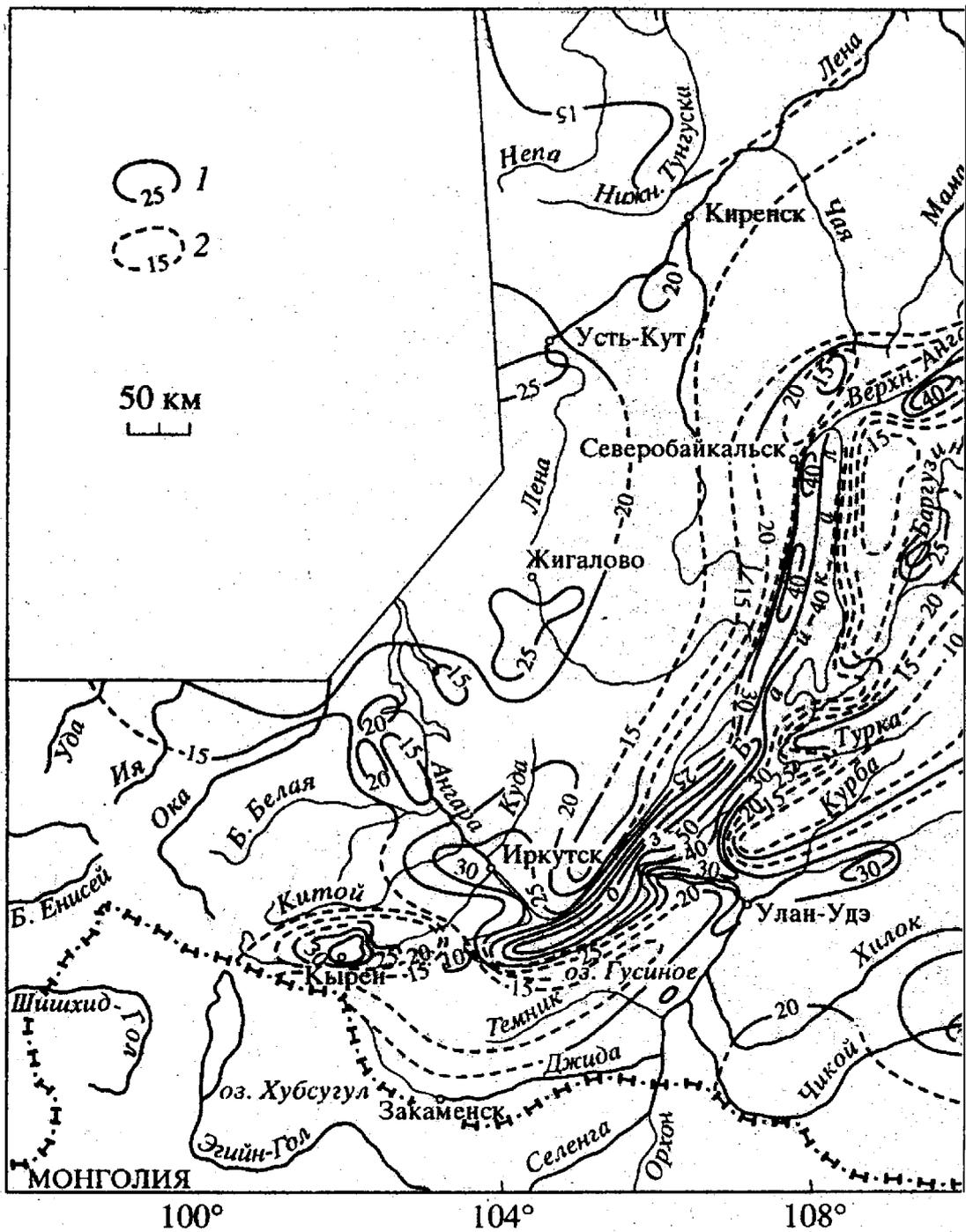
図Ⅲ－3－2 イルクーツク市周辺の衛星写真画像



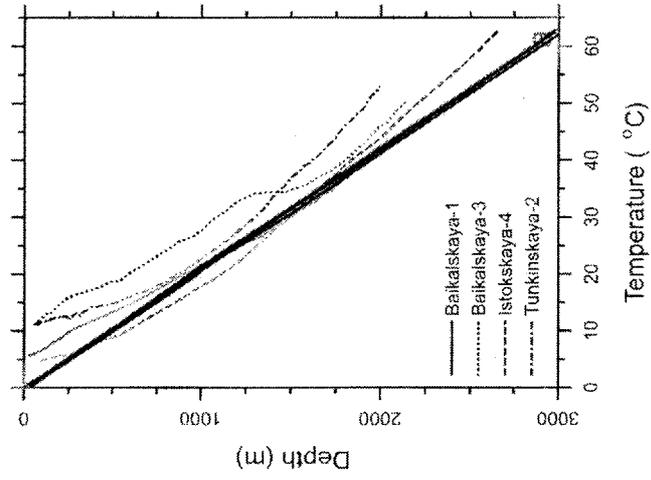
図Ⅲ-3-3 イルクーツク市周辺の地質図



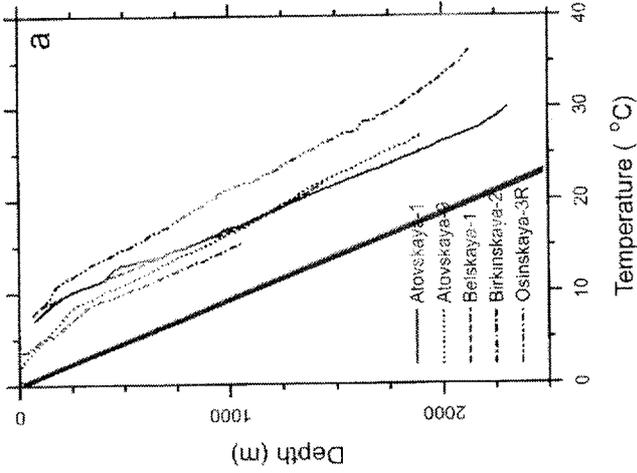
図Ⅲ-3-4 Иркутск市周辺の地質構造図



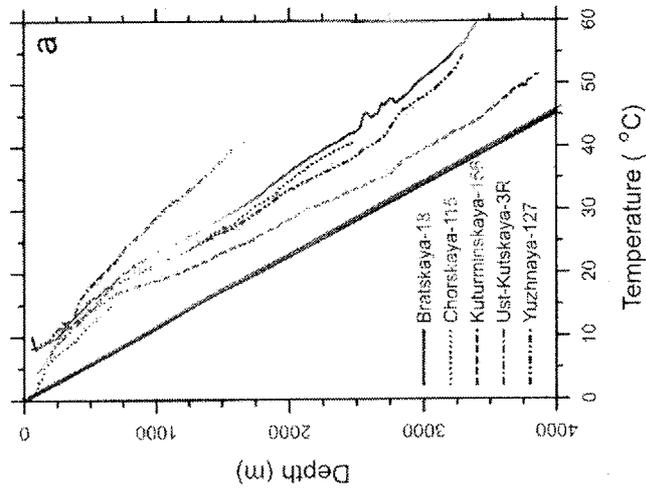
図Ⅲ-3-5 イルクーツク市周辺の地温分布



グループ3 (2.1°C/100m)

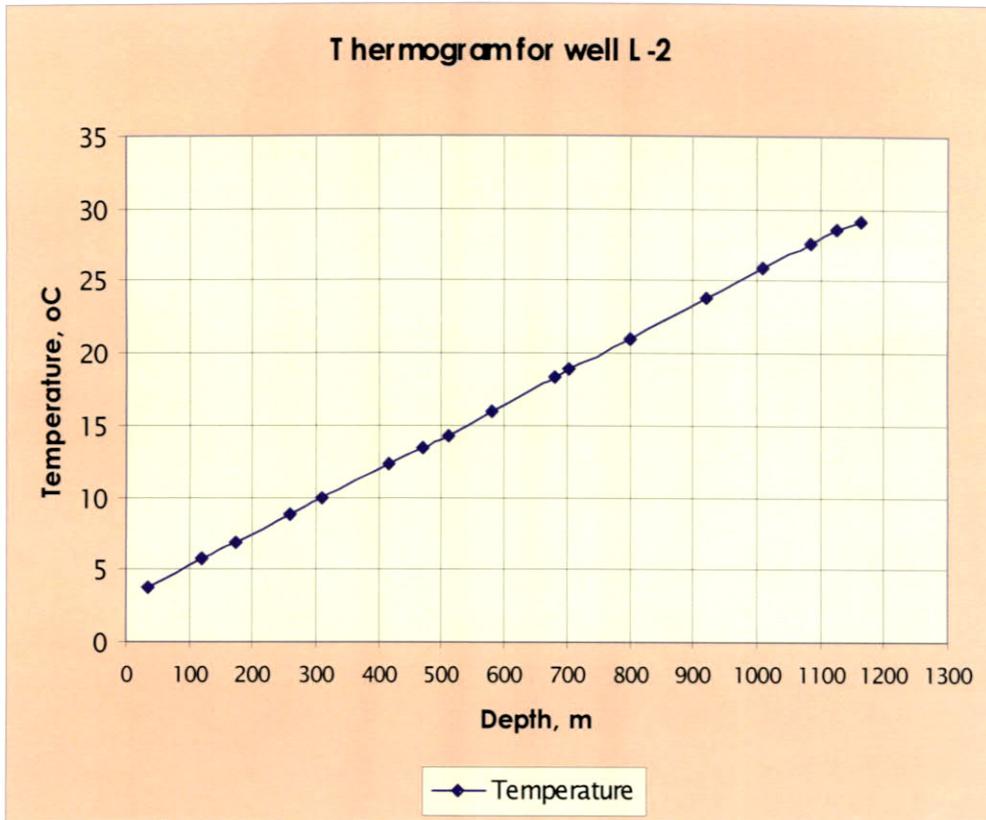


グループ2 (0.9°C/100m)

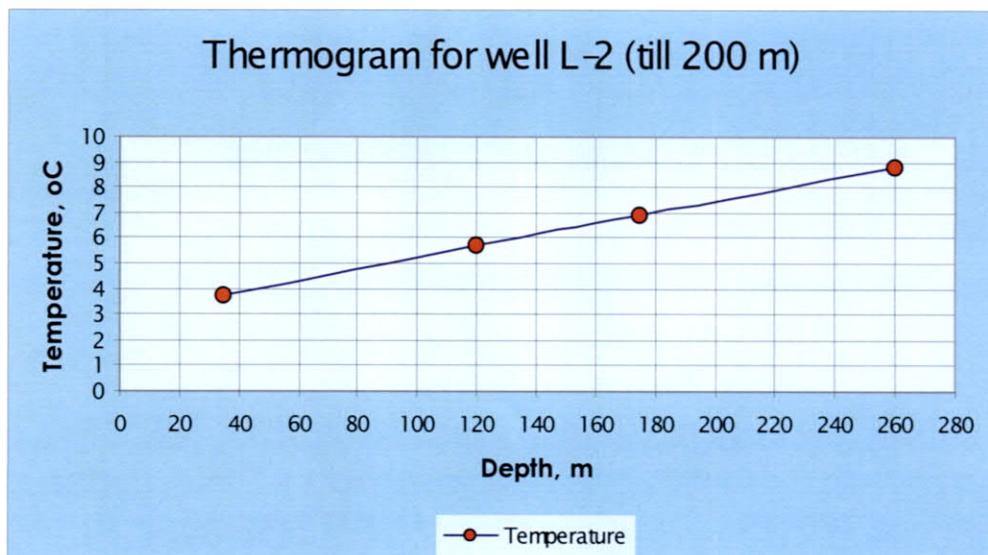


グループ1 (1.1°C/100m)

図III-3-6 イルクーツク州における地下温度分布

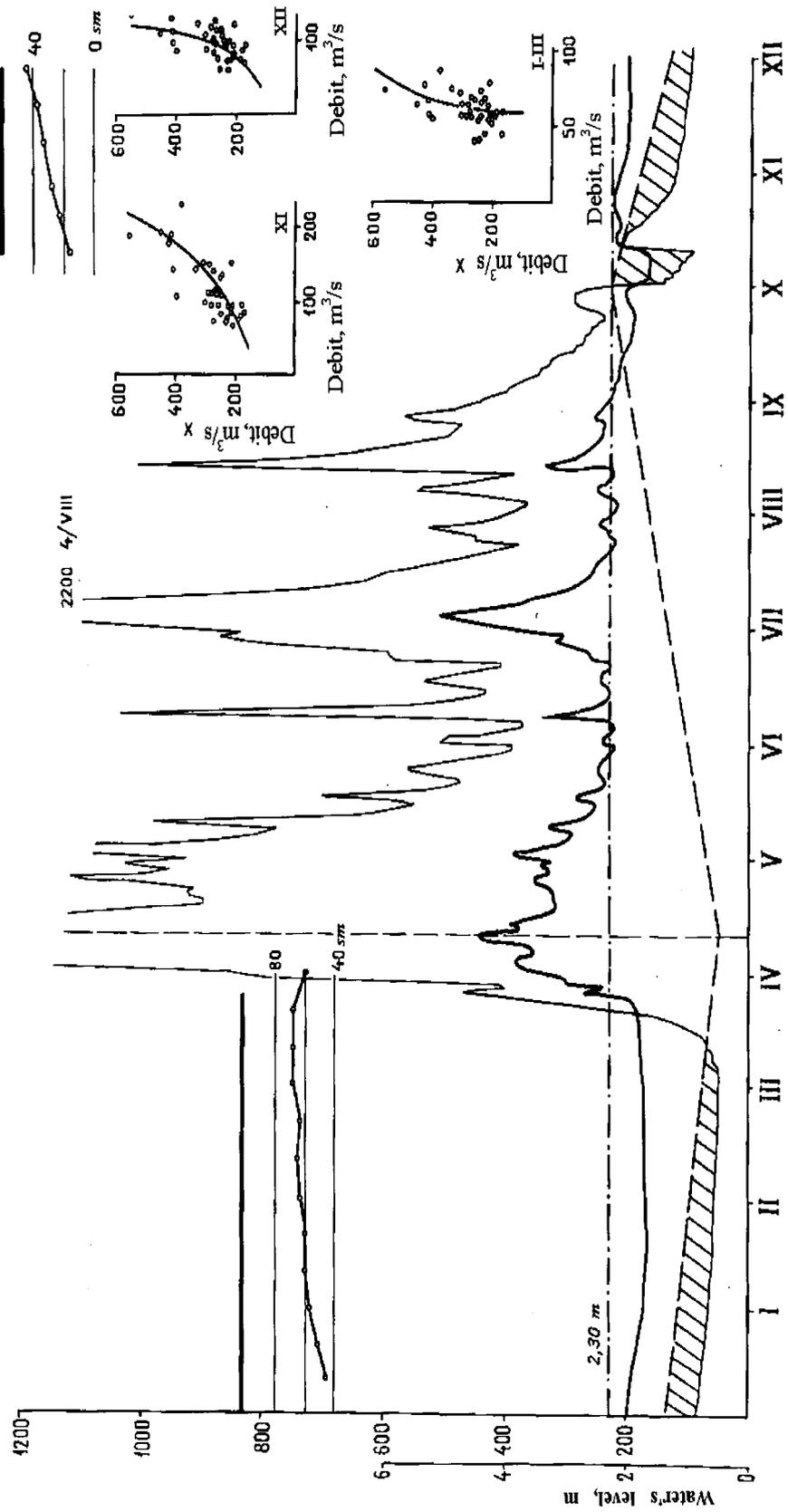


A

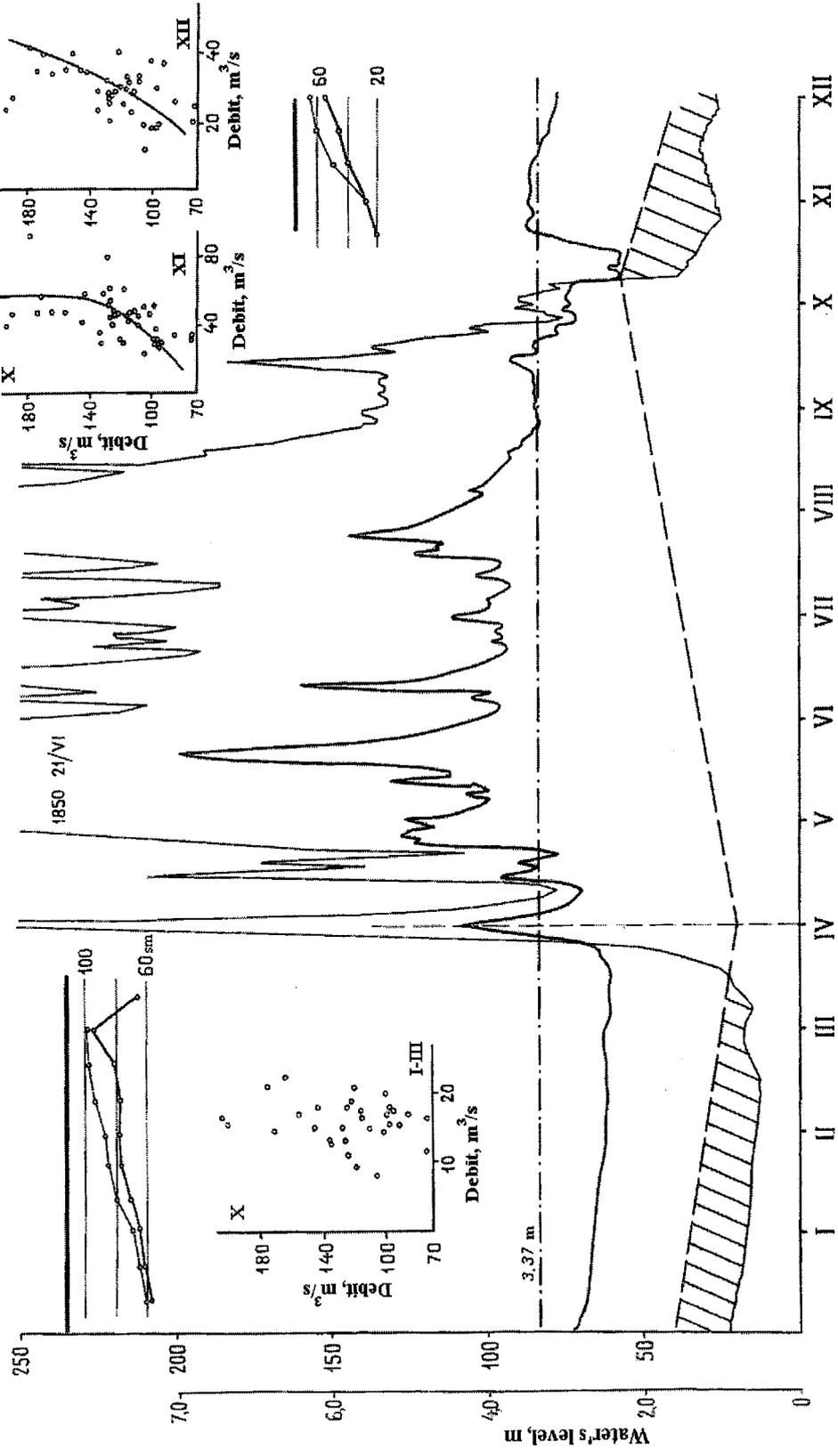


B

図Ⅲ－3－7 坑井 L-2 の温度分布



図III-3-8 河川のハイドログラフ (月別)



図III-3-9 河川のハイドログラフ (月別)

表 III-3-1 バイカル湖の温度変化

Depth, m	Temperature, °C	Depth, m	Temperature, °C
0	13,78	200	3,56
10	12,19	300	3,53
25	7,46	400	3,49
50	4,35	500	3,46
100	3,85	600	3,40

表 III-3-2 坑井の緯度, 経度, 標高

Bore hole	Coordinates		Altitude, m	Date of temperature measurement
	N	E		
Listvinichnoe L-2	51-50	104-53	562	1967
Svetlye, bore holes 112, 144, 155, 156	52-39	106-13	900	1974
Goloustninskaya bore hole 13	52-06	105-20	490	1974
Goloustninskaya bore hole 14	52-02	105-27	450	1972
Elantsovskie bore holes 7,8	52-50	106-40	620	1966
Slyudyanskaya bore hole 22-G	51-38	103-43	460	1970

表Ⅲ－3－3 坑井L—2の地質構成

Sequence through the bore hole:	Depth of occurrence	
	From	To
Fragments with sandy loam and sand	0.0	7.0
Injected melanocratic gneiss transits into migmatite with thin veins of epidotized pegmatite	7.0	30,0
Pinkish-gray microclenic coarse-crystalline granite	30,0	35,0
Phlogopite-diopside scarn-like greenish-light gray rock. Quartz -diopside rock with granite injected by granite material with pegmatite veins	35,0	60,0
Injected melanocratic gneiss	60,0	70,0
Granite – pegmatite	70,0	75,0
Injected melanocratic gneiss	75,0	80,0
Migmatite pinkish-gray pegmatite	80,0	85,0
Coarse-crystalline light gray biotitic Granite	85,0	100,0
Sliced migmatite	100,0	114,0
Pink microclenic granite	114,0	120,0
Migmatite	120,0	146,0
Pegmatite with phlogopite and diopside	146,0	152,0
Migmatite in places transits in agmatite	152,0	175,0
Large-spotted agmatite	175,0	195,0
Migmatite	195,0	205,0
Agmatite	205,0	229,0
Migmatite. Pegmatite. Migmatite	229,0	280,0
Agmatite	280,0	321,0
Injected gneiss. Agmatite	321,0	332,0
Injected gneiss	332,0	361,0
Injected gneiss	361,0	367,0
Injected gneiss		
Agmatite		
Injected gneiss	367,0	381,0
Migmatite	381,0	420,0
Injected gneiss	420,0	426,0
Agmatite	426,0	431,0
Injected gneiss	431,0	444,0
Migmatite	444,0	451,0

Pinkish-gray injected gneiss. Agmatite	451,0	458,0
Migmatite	458,0	471,0
Pegmatite with xenoliths of diopside rock. Green-pink agmatite. Agmatite-xenoliths, diopside rocks in pegmatite.	471,0	495,0
Migmatite	495,0	546,0
Agmatite. Injected gneiss.	546,0	576,0
Agmatite. Migmatite	576,0	590,0
Injected gneiss. Light-pink granite	590,0	602,0
Injected gneiss	602,0	613,0
Migmatite	613,0	624,0
Agmatite	624,0	636,0
Migmatite	636,0	646,0
Pinkish microclitic granite. Agmatite	646,0	657,0
Migmatite	657,0	678,0
Agmatite	678,0	692,0
Pink microclitic granite, pegmatite	692,0	703,0
Agmatite	703,0	713,0
Migmatite	713,0	725,0
Pinkish-gray migmatite	725,0	743,0
Injected gneiss	743,0	767,0
Pinkish-gray agmatite	767,0	778,0
Pinkish-gray migmatite	778,0	790,0
Agmatite	790,0	794,0
Migmatite	794,0	808,0
Migmatite. Injected gneiss with veinlets of pink granite	808,0	833,0
Agmatite	833,0	845,0
Migmatite. Agmatite	845,0	850,0
Injected gneiss	850,0	861,0
Agmatite	861,0	868,0
Migmatite	868,0	880,0
Agmatite	880,0	887,0
Injected gneiss pegmatite veinlets	887,0	920,0
Migmatite	920,0	928,0
Agmatite	928,0	938,0
Injected gneiss	938,0	950,0
Agmatite	950,0	958,0
Injected gneiss	958,0	971,0
Migmatite	971,0	986,0
Agmatite	986,0	996,0
Injected gneiss	996,0	1003,0
Agmatite	1003,0	1007,0

Injected gneiss	1007,0	1017,0
Agmatite. Injected gneiss	1017,0	1038,0
Injected gneiss	1038,0	1068,0
Agmatite	1068,0	1075,0
Injected gneiss	1075,0	1079,0
Agmatite	1079,0	1082,0
Injected gneiss	1082,0	1085,0
Agmatite	1085,0	1126,0
Injected gneiss	1126,0	1142,0
Agmatite	1142,0	1145,0
Injected gneiss	1145,0	1149,0
Injected gneiss	1149,0	1163,0

表Ⅲ－３－４ 中立層の深度における地下温度

Area with permafrost rock occurrence	Area characteristics	Sites	Depth of occurrence of the zero isotherm m	Depth of neutral layer	Temperature, °C
Island occurrence	Sporadic islands with the thickness of 50 m	South-west shore of Lake Baikal, basin of Selenga River	Less than 10-25 m, frequently is not available	5-10	0
Transitional from island to continuous	Thickness of frozen ground is 50-100 m, taliks on slopes of the southern exposition and under large reservoirs	Central part of the Big and Small Khamar-Daban, north-east shore of Lake Baikal, eastern part of Ulan-Burgasy, Khorinsk and Tsagan-Khurtaï Ridges, Tugnui depression	25-50, in cases 30-70	10-20	-1, -0
		South-east offshoots of the Eastern Sayan and Khamar-Daban, central and west parts of the Barguzin ridges, North-Eastern part of Uda depression	60-120	10-15	-1,-3

表Ⅲ－３－５ 坑井の地熱パラメータ

Bore hole	Geothermal parameters			Depth interval of measured temperature, m	Temperature, °C	
	Geothermal gradient, 10 ⁻³ °C/m	Rock heat conductivity, Vt/mK	Heat flow, mVt/m ²		150 m	1000 m
L-2	22.4 (23.7)	2.23	50-54	35-1163	6.34	25.68
Svetlye, bore holes 112, 144, 155, 156	8-20 (14)	2.8-2.94 (2.9)	24-56 (41)	20-530	4-6	17.8
Goloustninskaya bore hole 13	7	3.7	26-24	20-97	3.08	9.3
Goloustninskaya bore hole 14	18.7	2.86	54	70-93	4.60	20.5
Elantsovskie, bore holes 7,8	25.7-27 (26)	1.8-2.2 (2.0)	46-59 (53)	50-186		
Slyudyanskaya, Bore hole 22-G,	4.7(4.4) 11.2(130-138M)	2.77	13 (12)	100-138	3.39	13
Slyudyanskaya, Bore hole 43-G,	15.0 (13.8)	2.77	42 (38)	30-70	4.25	17.8

2380	Elantsy village of valley of Anga River	1958 Water supply for people. The well is operated.	80,0	(560)	1. Soil, clay 2. Boulder- pebble sediments 3. Limestone with veinlets of diorite 4. Diorite and limestone 5. Limestone with diorite veinlets 6. Limestone with diorite veinlets	aIQIV Asr	3,0 11,0 7,0 8,0 13,0 38,0	3,0 14,0 21,0 29,0 42,0 80,0	42,0 13,0	1,7 no data	No data	
2381	Elantsy village 60 south-east of the district hospital, valley of Anga River	1959 Water supply of people No data	100,0	(520)	1. Soil, clay with pebble, gravel and boulders 2. Boulder- глыбовые sediments 3. Shale 4. <u>Fissured shale</u> 5. Shale	Asr	Q 3,1 29,0 32,9 28,3 6,7	3,1 32,1 65,0 93,3 100,0	65,0 26,0	No data No data	No data	2062

2378	Elantsy village district hospital valley of Anga river	1959 Water supply of the hospital. The well is under operation	100,0	(520)	1. Soil, clay 2. Boulder- pebble sediments 3. Boulder- pebble sediments 4. Shale	aIQIV	3,1 4,9 24,1 39,9	3,1 8,0 32,1 72,0	8,0 8,0					
2384	Elantsy village Right bank of Anga river	1967 Water supply. The well is under operation.	100,0	(513)	1. Soil, clay with pebble 2. Boulder- pebble sediments 3. Slate and quartzite 4. <u>Slate and quartzite</u>	Q Asr	3,0 28,0 18,0 51,0	3,0 31,0 49,0 100,0	49,0 6,0	5,5 no data	No data	2065		
2393	Zama village, near the farm, 2 km westward away from the shore of Lake Baikal	1968 Water supply of the cattle farm. The well is under operation	60,0	(470)	1. Soil 2. boulder- pebble sediments 3. Sandstone and conglomerate 4. <u>Fissured Conglomerate</u>	Q Asr	0,2 19,8 33,0 7,0	0,2 20,0 53,0 60,0	53,0 4,0	1) 0,8 1,5 2) 1,2 2,5 3) 1,3 3,0	0,5 0,4 0,4	2074		

表Ⅲ－３－７ ゴロウストナヤ川の水位データ (1980年6月)

Relative values of water level in the water station, cm		Number of ranges, limiting the site of the river surveyed within 3 days	Calculated level, cm	Value of cutting, cm
Bolshoe Goloustoneoe	Morskaya Kolesma			
56		1-13	53	-3
51				0
47	44			+2
-	41	13-24	41	-3
43	39			0
41				+2
40		24-47	40	-1
40				0
38				0
				+2

表Ⅲ－３－８ 長期間における水収支

River-range	Area of the drainage system F, km ²	Average altitude of the basin H, m	Long-term average discharge Q, m ³ /c.	Run-off Y, Mm	Atmospheric Precipitation X, mm	Flow, D <u>mm</u>	
						Evapo-ration z = 420mm	evapo-ration z = 480mm
Kungin River, 1,5 km downstream of the karst spring	101	860	0,860	269	650	-39	-99
Pravaya Kuyada River, 0,3 km downstream of Big Reshetnikovsky spring	71,1	770	0,770	341	645	-116	-176
Kurtun river, 1,0 km downstream of the mouth of Zagota River	254	860	1,700	211	650	+19	-41

表Ⅲ－３－９ 地層別の浸透性特徴

Numbers of bore hole (number of the point)	Suite (index)	Sampling interval, m	Filtration coefficient, m/day
2-P (113)	ϵ_{1-2} an+lt	113-145 145-219	5,8 9,2
5-P (259)	ϵ_1 us	25,5-106 106-302,6	26 2,64
6-P (459)	$V_{us_2} + PR_3$ kc PR_3 kc	24-75 115,8-208,7	3,98 1,14
7-P (521)	PR_3 kc	8,0-145,4 72,4-145,2	4,14 0,68
8-P (661)	PR_3 gl ₂	6,7-50 50-100 100-150	1,95 0,38 0,094
11-P (1069)	V_{us_1} PR_3 kc ₄	17,3-56,6 56,6-116 116-239,5 239,5-300,2	1,08 0,86 0,80 0,18
12-P (1208)	PR_3 kc ₃	6,3-60,5 60,5-150,2	0,86 0,063
18-P (640)	PR_3 ul ₂₊₃	11,0-55,1	0,36
19-P (627)	V_{us_3}	7,2-51,0 51,0-100,2	1,2 0,47

Ⅲ－４ 電力供給

1. イルクーツク州の経済における燃料－エネルギー産業

ロシア連邦における大規模な燃料－エネルギーの主要部分は、イルクーツク州において生産される。連邦の石炭の約 5 %はここで稼行される。電力の 6 %以上がイルクーツク州において発電されている。また原油の 4.5 %はここで精製される。州の役割は、他の州に燃料とエネルギーを供給することでも非常に重要である。2002 年において、イルクーツク州は 7.3 billion kWh の電力、0.6 million ton の石炭、4.7 million ton の石油製品を州外に供給した。

イルクーツク州において、電力の消費者の割合において、非鉄金属工業が約半分を占める（表Ⅲ－４－３）。熱エネルギーの消費は、約半分が工業生産に使用される（表Ⅲ－４－４）。多様なタイプのパワー源に関する生産と消費の指標において、イルクーツク州は全体としてロシア連邦の平均値よりも数倍のレベルを示す。燃料－エネルギー資源の消費の変化は横ばい、ないし緩やかな増加を示す（表Ⅲ－４－５）。

2. JSC イルクーツクエネルゴの電力システム

(i) 発電所

州において、熱電パワーステーション（TPS）および水力発電所（HPS）は、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。

これは以下を含んでいる。熱電パワーステーション（TPS）のトータルの定格出力は、4,147.6 MW (31.3%) である。および水力発電所（HPS）の定格出力は、9,104 MW (68.7%) に達する。州における電力の最大の生産者は、JSC イルクーツクエネルゴであり、TPS 電力の 3,879.2 MW (94.4%)、HPS 電力の 9,002.4 MW (98.9%) を所有する。JSC イルクーツクエネルゴの発電所による、電力生産および熱供給の変化は緩やかな増加を示す（表Ⅲ－４－７、８）。発電電力の最大値は 1989 年に生産され（75.48 billion kWh）、また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、これらの値は電力の生産に対して 56.46 billion kWh、熱エネルギーの供給に対して 27,195,000 Gcal に達した。

電力の生産における減少は、2つの理由により条件づけられる。

- ① 経済的危機の結果として、内部パワー消費の減少
- ② 多様な理由にもとづく、他地域への電力輸送の減少

電力生産の減少は、熱電パワーステーションにおける減少による。電力生産において、熱電パワーステーションの割合は、1990 年の 28.1%から 2002 年の 14.8%に縮小した。その最小値は 1995 年の 9.6%であった。2001 年～2002 年における、

JSC イルクーツクエネルゴの発電所による、電気および熱エネルギーの生産の容量は、表Ⅲ－４－９において示される。

イルクーツク州のパワーグリッドにおける、電力の収支は、表Ⅲ－４－１０において与えられる。表におけるデータは、JSC イルクーツクエネルゴおよびその他部門の発電所の源による電力の生産、イルクーツク州における電力消費、およびロシアのその他の地域への供給を含む。現在、パワーグリッドにおける電力の余剰が存在する。2010年までに、それはイルクーツク州の消費者によって、完全に利用される見込みである。

熱電の主要ライン

イルクーツク州には、17のTPSが存在する。それらのうち、13はJSC イルクーツクエネルゴの所有である。4のTPSは、別な工業プラントに属する（バイカルパルプおよび紙プラント（BPPP）、ブラーツク錫産業（BTC）、ウストーイリムスク錫産業（UTC）、JSC ヴィチメネルゴ）。熱－電気パワーステーションの特性は、表Ⅲ－４－１１において与えられる。JSC イルクーツクエネルゴの熱－電気パワーステーションの基本的な製造指標は、表Ⅲ－４－１２において要約化されたデータとして示される。それらは定格出力、電力生産、電力および熱生産のための仕様化された燃料消費、トータル燃料消費を含む。

1990年～2002年における、イルクーツクエネルゴの熱電パワーステーションの、特定のエネルギー指標の力学的解析、およびその他のパワーシステムと同様の指標との比較は、以下のことを示唆する。熱電パワーステーションの負荷の減少および最適とはいえない様式における設備の稼動にもかかわらず、またいくつかの特定のエネルギー指標は悪化する傾向にあるにもかかわらず、JSC イルクーツクエネルゴは、相対的に高いレベルのTPSのエネルギー効率を維持している。まず第一に、TPS自身の必要とする電力消費に対してそれは事実といえる。PTSのエネルギー効率の減少を良い状態にする2つの現実的な理由は、TPSにおける電気および熱パワーの生産における減少、およびTPSの機械類の老朽化である。

TPSの大部分に対する基本的な燃料は、地方の炭田の硬質石炭（チェレムクホヴォ）、および褐色石炭（アゼイ、ツルン、ムグン）である。北部地域のTPSの設計された燃料（ブラーツク、ウストーオリムスク）は、カンスクーアチンスクの褐色石炭である。

電気と熱パワーの生産の減少に起因して、イルクーツクエネルゴの熱電パワーステーションにおける燃料の消費は明らかに減少した。1990年における伝統的燃料の11.67 millionトから、2002年における伝統的燃料の6.26 millionトまでに減少した。

水力発電所

現在、イルクーツク州において、4の水力発電所が存在する。それらは、アンガラ川のイルクーツク、ブラーツクおよびウストーイリムスク水力発電所、州の北東地域のボダイボ州における、ママカン川におよびママカン水力発電所を含む。それらのうち3発電所は、JSC イルクーツクエネルギーに属する。水力発電所の基本的設計パラメータは、表Ⅲ-4-13において与えられる。

水力発電所は、州の工業および住民に対する電力供給において主要な役割をはたす。現在、アンガラ川の水力発電所は、イルクーツク電気グリッドにおいて電力のトータル生産の85%以上を供給する。ボダイボ電力地域はこのグリッドに含まれているにもかかわらず、ママカン水力発電所はまだ地域のエネルギーにおける主要な供給源として残っている。

過去数年間における電力の生産は、表Ⅲ-4-14において示される。実際に、2002年において、水力発電所からの電力生産のピークが存在した。2003年において、水力発電所からの電力供給の減少に向けて状況は著しく変化したが、これは水位の低下に起因する。

水力発電所は、シベリアの統一化された電力グリッドにおいて、電力収支の調整者としての役割をはたす。人工貯水池からの水力資源の貯留は、他のシベリア電気グリッドの水力発電所において、電力資源の不足を補償するために使用される。アンガラ川に位置する水力発電所の多大な発電出力(9,002 MW)は、それらが電力を生産すること、および緊急時のための予備機能を果たすことを可能にする。これはイルクーツクパワーグリッドにおけるのみならず、シベリアの統一化されたパワーグリッドにおいても同様である。

イルクーツク州の電力グリッドの著しい特徴は、水力発電所からの電力が多大なシェアを占めることである。さらに、アンガラ川(イルクーツクおよびブラーツク)の最初の2つの水力発電所は、長期間の調整のための人工貯水池を有する。それらは、イルクーツク水力発電所の実地上の貯水池であるバイカル湖、およびブラーツク人工貯水池を含む。アンガラ川に位置する(ウストーイリムスク)3番目の水力発電所の人工貯水池は、季節的な調整の役割をはたしている。

(iii) 燃料供給

2000年～2002年における、パワーグリッドの発電所における燃料消費の推移は、表Ⅲ-4-15において与えられる。近年における、燃料消費の全体合計は、従来型の燃料/年(7,000 kcal/kg)で6,200～6,800トに達する。

発電所に対する最も基本的な燃料は石炭であり、石炭の99%以上が消費される。重油は、水-加熱ボイラーにおいて主として使用される。供給される石炭の種類は多様である(表Ⅲ-4-15)。生産地における異なるタイプの燃料は、発電

所の基本的エネルギー設備の要求設計により調整される。

表Ⅲ－４－１５は、可燃物の価格における推移を示す。過去３年間に於いて、価格は２．６倍に上昇した。JSC イルクーツクエネルギーにおける可燃物の平均価格は、２００４年に対して従来型の燃料の６２０ルーブル/tonと予測される。JSC イルクーツクエネルギーの発電所に対する可燃物の主要な供給者は、JSC ロスグレスプトである。

最近、JSC イルクーツクエネルギーは、それ自身の必要性を満たすために、炭田の開発を開始した。２００２年に供給された燃料の供給において、チェレムクホヴォ石炭の割合は上昇した（２００１年の６７％→２００２年の７０％）。その他の石炭の供給は２％から４％に増加した。搬出されたボロディノ石炭の割合は、２００１年の３１％から２００２年の２６％に減少した。それぞれの発電所に対する石炭の産地は、表Ⅲ－４－１６において与えられる。

表は、１９９１年と比較して過去数年における、JSC イルクーツクエネルギーの源における燃料消費に関する情報を提供する。この比較は、燃料消費の相当の減少が最近起こったことを示している。まず、与えられた状況は、工業プラントによるパワー消費の市場の低下によって条件化される。２００１年と比較して、２００２年における燃料消費の相対的な減少は、２００２年の冬季における高い気温に起因する。

(iii) 電力グリッド

JSC イルクーツクエネルギーの基本的業務の１つは、電力と熱パワーの伝達と供給である。これは、イルクーツク州における消費者、および電力－熱パワーの卸売市場における購入者に対して、効率的なエネルギー供給を実現するためである。

これらの目標を達成するために、パワーグリッドは相当な広がりを持つ電気および熱グリッドを設置している。潜在力のあるアンガラ川の水力発電所の建設、および５００kWの電圧を有する最大の電力グリッドの建設は、イルクーツクパワーグリッドおよびシベリアにおける総合化された電力グリッドの形成に寄与した。パワーグリッドの総延長は３３、０００kmを超える。

電圧の見地から、電力グリッドの分布は表Ⅲ－４－１７において与えられる。高電圧のグリッドの延長は、約１３、０００km（４０％）に達する。グリッドの主要な部分（すべてのネットワークのほぼ６０％）は、低電圧グリッドを構成する。これは基幹からの相当な枝分かれ、およびイルクーツク州の地方に対する供給を示している。実際に、イルクーツク州の南部全体は、集中化された電力供給を有する。独立した電気設備は、遠隔の北部地域においてのみ、およびバイカル湖周辺のアクセス困難な土地に集中している。

グリッドはJSC イルクーツクエネルギーの５のプラントによって開発された。それぞれ異なる電圧のグリッドから構成される。電力グリッドの広大な延長は、

グリッドにおけるかなりの損失をもたらす。しかしながら、その他のパワーグリッドと比較すると時、それらはほぼ 1.15 倍少ない。それは、パターンおよび電圧によるグリッドの構成、発生電力単位あたりのグリッドの延長におけるかなりの違いによって支配される。パワーグリッド稼働のより安定で効果的な方式をもたらすために、源は中間点および受電端を取り巻くようにされる配置される。

農業用グリッドに対して、推奨されるパワー源（水、風等）を利用して、小規模な発電所を建設することを必要とする。将来において、イルクーツク州の大都市における都市型の電気グリッドを近代化することが計画されている。この近代化は、配電網の電圧増大、および高化電圧を家庭入力にまで下げるような入力設備等を含む見込みである。

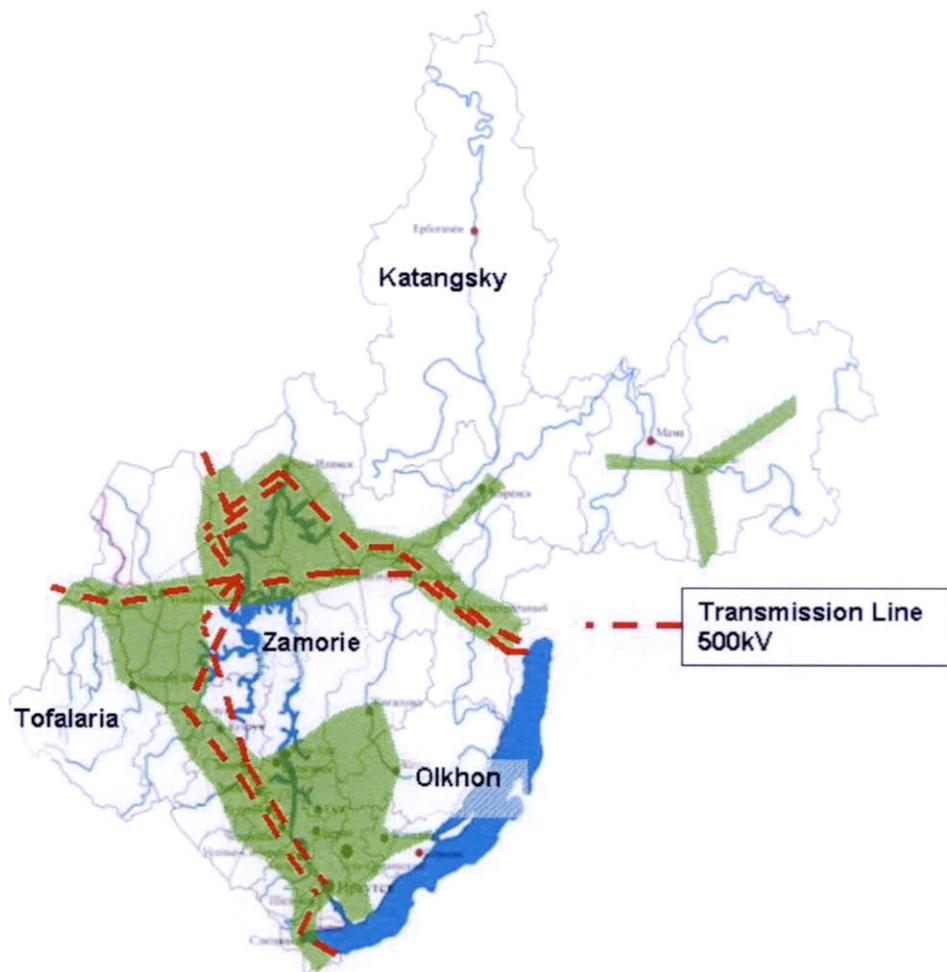
（iv）熱的グリッド

JSC イルクーツクエネルギーは、熱供給網の相当の部分を開発している。路線ごとのこれらの熱供給網の全体的延長、表Ⅲ－4－19において与えられる。JSC イルクーツクエネルギーの6の企業が熱供給網を開発している。熱的グリッドの総延長は 732 km である。それは、州におけるそれらの総延長の約 30 %に達する。パイプラインの直径は 100 mm～1,200 mm の範囲にある。直径 400 mm までのパイプラインの主要かつ大規模なグリッドの延長は、約 30 %に達する。これらのグリッドは、大都市の熱供給におけるシステムを形成する。

（v）電力供給

JSC イルクーツクエネルギーの発電所からの、集中化された電力供給の及ぶ範囲は 95%以上を構成する。イルクーツク州の電力供給のキーダイヤグラムは、図Ⅲ－4－1において与えられる。この図は、集中化された電力供給によってカバーされた地域を示す。遠隔の北部地域およびバイカル湖湖岸のアクセス困難な地域は、個別のディーゼル発電所から電力を供給される。

イルクーツク州における電力の主要な消費者は、大規模な工業プラント（66%）および卸売消費者－販売者（9.5%）である。アルミニウムプラント（ブラーツクおよびイルクーツク）は、電力の最大の消費者である（47.5%）。全体として、非鉄金属のプラントは、電力の 50%以上を消費する。電力の相当な割合（6.4%）は、東シベリア鉄道によって消費される。最近、電力消費は相対的な安定化を示すが、同時に、予測が示すように工業的消費の成長が見込まれる。



図Ⅲ－４－１ イルクーツク州の電力供給の主要形態

表Ⅲ－４－１ イルクーツク州の燃料－エネルギー（2002年度）

Indices	Russia	Irkutsk Region
	Area, million km ² (%)	17.1
Population, million persons (%)	144.0	2.7 (1.8)
Manufacturing potential** (Main funds of economics, billion roubles (%))	21557.0	423.4 (2.0)
Coal mining, million tons (%)	251.5	12.0 (4.8)
Electric power production, billion kw.h (%)	892.0	57.5 (6.4)
Thermal energy production, million Gcal (%)	1437.0	50.6 (3.5)
Oil processing, million tons (%)	184.4	8.3 (4.5)

* ロシアにおけるシェア

** 2001年度データ** Data for 2001

出典：Source: Regions of Russia. Statistical review. Official issue. V.2.-

M: Goskomstat (State Statistics Committee, Russia, 2002 . - 815 pp.

表Ⅲ－４－２ イルクーツク州の燃料－エネルギーの生産と消費

Indices	Years				
	1998	1999	2000	2001	2002
Coal mining, million tons	14.5	14.6	14.8	15.3	12.0
Production of electric power, billion kw.h	52.5	53.4	54.5	55.7	57.5
Including:					
- on hydro electric power stations (HPS)	44.8	45.9	47.3	46.1	48.5
- on thermolectric power stations (TPS)	7.7	7.5	7.2	9.6	9.0
Production of thermal energy, million Gcal	52.3	53.1	54.7	53.9	50.6
Oil processing, million tons	7.2	7.3	7.7	7.2	8.3
Electric power consumption, billion kw.h	47.9	51.2	52.2	53.6	51.5
Heat consumption, million Gcal	52.3	53.1	54.7	53.9	50.6
Consumption of fuel for combustion and boiler-houses, million tons of conventional fuel, total	12.1	12.0	12.0	12.7	13.0
Including: coal	8.5	8.5	8.6	9.5	9.4

出典：Regions of Russia. Statistical review. Official issue. V.2.- M: Goskomstat of Russia, Russia, 2002 . - 815 pp., statistical forms 11-TER, 4-CH, 6-TP of State Committee of Russia

表Ⅲ－４－３ 電力消費者の構成と構造

Consumers	1999		2000		2001	
	million. kw.h	%	million. kw.h	%	million. kw.h	%
Consumption, total Including:	42692.4	100.0	41956.5	100.0	42920.8	100.0
Industry, total	29099.7	68.2	30490.6	72.7	30553.8	71.2
Including for industrial branches:						
Electric energy	201.8	0.5	189.5	0.5	186.9	0.4
Fuel industry	1429.3	3.3	1466.2	3.5	1512.2	3.5
Ferrous metal industry	447.1	1.0	442.0	1.1	437.3	1.0
Non-ferrous metal industry	20805.9	48.7	21939.0	52.3	22075.2	51.4
Chemical and petrochemical industry	1986.9	4.7	2146.0	5.1	2177.6	5.1
Machine building and metal working	376.4	0.9	446.6	1.1	445.7	1.0
Woodworking and paper and pulp industries	2614.6	6.1	2817.5	6.7	2871.3	6.7
Production of building materials	233.1	0.5	242.9	0.6	259.3	0.6
Other industrial consumers	1004.6	2.4	800.9	1.9	588.3	1.4
Electric railway transport	1450.8	3.4	1620.5	3.9	1812.0	4.2
Electric city transport	37.7	0.1	38.8	0.1	38.5	0.1
Non-industrial consumers	671.6	1.6	678.2	1.6	789.9	1.8
Agriculture (manufacturing needs)	1261.9	3.0	1277.4	3.0	1062.5	2.5
Population, total	1099.9	2.6	1197.0	2.9	1111.7	2.6
Including : urban	739.2	1.7	835.9	2.0	758.4	1.8
rural	360.7	0.8	361.1	0.9	353.3	0.8

表Ⅲ－４－４ 熱エネルギー消費者の構成と構造

Consumers	1999		2000		2001	
	Thousand Gcal	%	Thousand Gcal	%	Thousand Gcal	%
Consumption, total, including:	29914.8	100.0	31029.2	100.0	29362.0	100.0
<i>Industrial consumers, total</i>	16340.0	54.6	16444.2	53.0	16162.4	55.0
Including for industrial branches:						
Electric power	439.6	1.5	404.0	1.3	320.1	1.1
Fuel industry	3953.6	13.2	3756.1	12.1	2618.3	8.9
Ferrous metal industry	231.4	0.8	270.2	0.9	281.7	1.0
Non-ferrous metal industry	178.3	0.6	203.7	0.7	184.2	0.6
Chemical and petrochemical industries	2721.6	9.1	3023.3	9.7	3091.5	10.5
Machine building and metal working	259.1	0.9	250.9	0.8	261.4	0.9
Wood working and paper and pulp industries	4098.1	13.7	4468.1	14.4	4547.8	15.5
Production of building materials	260.4	0.9	313.7	1.0	242.4	0.8
Other industrial consumers and equated with them	4197.8	14.0	3754.2	12.1	4614.9	15.7
Communal services	398.3	1.3	193.7	0.6	189.8	0.6

表Ⅲ－４－５ 燃料エネルギー資源の生産と消費（2002年度）

Indices	Russia	Irkutsk Region
Coal mining, t/person	1.67	4.48
Coal consumption, t/person	1.58	3.03
Oil processing, t/person	1.21	3.71
Electric power production, thousand kw.h/person	5.69	17.98
Electric power consumption, thousand kw.h/person	5.55	17.53
Consumption of thermal energy, Gcal/person	10.22	17.52

表Ⅲ－４－６ 熱およびエネルギー消費の変化

Energy resources	Years				
	1998	1999	2000	2001	2002
Electric power, billion kw.h	47.9	49.7	52.2	53.6	51.5
Thermal energy, million, Gcal	52.3	53.1	54.7	53.9	50.6
Boiler-combustion fuel, million tons of conventional fuel	12.1	12.0	12.0	12.7	13.0
Including: coal	8.5	8.5	8.6	9.5	9.4
black oil	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0
other types of fuel	2.3	2.3	2.4	2.2	2.6
A) Thermoelectric power stations	7.1	7.2	7.8	8.6	8.8
Including: coal	6.3	6.5	6.8	7.7	7.9
black oil	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
other types of fuel	0.5	0.5	0.9	0.8	0.8
b) boiler-houses	2.4	2.4	2.4	2.4	2.2
Including: coal	1.6	1.6	1.6	1.6	1.4
black oil	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
other types of fuel	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
c) direct consumption	2.6	2.4	1.8	1.7	1.9
Including: coal	0.6	0.4	0.2	0.2	0.1
black oil	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
other types of fuel	1.5	1.5	1.1	1.0	1.3

表Ⅲ－４－７ JSC イルクーツクエネルギーによる電力の変化

(billion kWh/年)

Electric power station	Years				
	1998	1999	2000	2001	2002
Hydroelectric power stations	44.82	46.06	44.63	47.25	48.08
Thermoelectric power stations	7.25	7.78	8.46	7.23	8.38
Total	52.07	53.84	53.09	54.48	56.46

表Ⅲ－４－８ JSC イルクーツクエネルギーによる熱電発電所による供給

(千 Gcal/年)

Sources of heat	Years				
	1998	1999	2000	2001	2002
Thermoelectric power stations and boiler-houses	29491	29915	31029	29362	27195

表Ⅲ－４－９ JSC イルクーツクエネルゴによる電力と熱電の生産

Energetic objects	Production of electric power, million kw.h/year			Thermal energy delivery, thousand Gcal/year		
	2001	2002	2002/2001 %	2001	2002	2002/2001 %
Production total, Including:	54483.6	56455.3	103.6	30514.8	28325.3	92.8
Hydroelectric power stations (HPS), total Including:	47249.1	48076.1	101.8			
Irkutsk HPS Irkutsk city	4219.2	3772.7	89.4			
Bratsk HPS, Bratsk city	22214.3	22861.8	102.9			
Ust-Ilimsk HPS, Ust-Ilimsk city	20815.6	21441.6	103.0			
Thermoelectric power station (TPS), total	7234.4	8379.2	115.8	25622.4	24272.8	94.7
including: <i>TPS of high pressure</i>	7159.0	8287.7	115.8	23180.2	21864.8	94.3
including TPS-1, Angarsk city	722.6	688.5	95.3	2567.3	2485.0	96.8
TPS-6, Bratsk city	846.8	860.8	101.7	4038.7	3715.8	92.0
TPS-9, Angarsk city	1388.9	1448.5	104.3	4238.1	4181.4	98.7
TPS-10, Angarsk city	479.2	1061.0	221.4	1650.8	1451.3	87.9
TPS-11, Usol'e-Sibirskoe city	786.1	882.1	112.2	2915.9	2556.5	87.7
Novo-Irkutsk TPS, Irkutsk city	1773.1	1873.1	105.6	3958.4	3743.0	94.6
Novo-Zima TPS, Sayansk city	472.7	623.0	131.8	1722.7	1656.6	96.2
Ust-Ilimsk TPS, Ust-Ilimsk city	689.6	850.7	123.4	2088.3	2075.2	99.4
Including : <i>TPS of average pressure</i>	75.4	91.5	121.4	2442.2	2408.0	98.6
Including TPS-3, Zima city	17.9	11.7	65.4	306.4	279.7	91.3
TPS-5, Shelekhov city	18.9	20.0	105.8	674.6	644.4	95.5
TPS of Bratsk Calorific Grid (BCG), Bratsk city	17.1	29.3	171.3	449.2	546.3	121.6
TPS-12, Cheremkhovo city	0	3.4	-	571.9	477.5	83.5
TPS-16, Zheleznogorsk city	21.5	27.1	126.0	440.1	460.1	104.5

<i>District boiler-houses</i>				1187.6	1242.3	104.6
ICG (Irkutsk Calorific Grid)				149.6	143.8	96.1
BCG (Bratsk Calorific Grid)				1038.0	1098.5	105.8
<i>Electric boiler-houses:</i>				3704.8	2810.2	75.9
ICG (Irkutsk Calorific Grid)				1623.6	1533.5	94.5
BCG (Bratsk Calorific Grid)				607.7	433.5	71.3
TPS-5, Shelekhov city				219.0	123.6	56.4
TPS-9, Angarsk city				28.5	22.7	79.6
TPS-12, Cheremkhovo city				56.4	38.4	68.1
TPS-16, Zheleznogorsk city				279.6	163.3	58.4
H-ZTPS, Sayansk city				61.6	48.1	78.1
Ust-Ilimsk TPS, Ust-Ilimsk city				811.9	432.1	53.2
Irkutsk HPS, Irkutsk city				16.5	14.2	86.1
WEG (Western Electric Grid)					0.8	

表Ⅲ－４－１０ イルクーツク州の電力システムにおける収支

実績

Balance articles	fact, billion kw.h/year				plan 2003
	1999	2000	2001	2002	
Production, total, including:	54657	53976	55374	57396	55810
Department stations	809	883	891	941	900
Electric power stations of JSC “Irkutskenergo”, including:	53848	53093	54483	56455	54910
Thermoelectric power stations	7786	8458	7234	8379	10840
Hydroelectric power stations	46062	44635	47249	48076	44070
Electric power consumption in the Irkutsk Region	50063	52244	53090	51453	52210
Supply on Federal wholesale market	4594	1732	2284	5943	3600

2005～2020年の予測

Balance articles	forecast, billion kw.h/year				
	2005	2007	2010	2015	2020
Production, total, including:	58580	65490	69400	69300	69300
Department stations	900	900	900	900	900
Electric power stations of JSC “Irkutskenergo”, Including:	57680	64590	68500	69300	69300
Thermoelectric power stations	9980	16890	20800	21600	21600
Hydroelectric power stations	47700	47700	47700	47700	47700
Electric power consumption in the Irkutsk Region	57130	65000	69400	74480	75930
Supply on the Federal wholesale market	1450	490	0	5180	6630

表Ⅲ－４－１ 1 イルクーツク州における熱電力発電所の特徴

Title	Specified power of TPS, Mw		Power of boilers, Mw		
	electric	Thermal (heat)	main	Water-heating	Electric boilers
1	2	3	4	5	6
TPS-1, Angarsk city	223	1023	2082.9		
TPS-3, Zima city	13.4	260.1	261.7		100
TPS-5, Shelekhov city	18	354.1	366.3		
TPS-6, Bratsk city	270	1830	2233		
TPS-7, Bratsk city	12	462.1	471		
TPS -9, Angarsk city	475	2505	3223.8	348.9	20
TPS -10, Angarsk city	1110	556	2944.7		
TPS -11, Usol'e-Sibirskoe city	350.3	1285	1981.8		
TPS -12, Cheremkhovo city	7.5	228.9	240.7		
1	2	3	4	5	6
TPS -16, Zheleznogorsk city	18	254.8	261.7		40
Novo-Zima TPS, Sayansk city	240	830	1172.3	232.6	120
Ust-Ilimsk TPS, Ust-Ilimsk city	525	1070	2219		125
Novo-Irkutsk TPS, Irkutsk city	655	1242	2051.5		
TPS of Baikalsk Paper and Pulp Plant, Baikalsk city	99	410			
TPS of Bratsk Timber Complex, Bratsk city	72	612			
TPS of Ust-Ilimsk Timber Complex, Ust-Ilimsk city	44.4	430			
TPS JSC "Vitimenergo", Bodaibo city	15	45			
Total	4147.6	13398	19510.4	581.5	405

表 III-4-12 JSC イルクーツクエネルギーの熱電力発電所の生産指標

Title	Years				
	1991	1999	2000	2001	2002
Electric power, thousand kw.h:					
Specified	4196.7	4106.7	4112.7	3879.2	3879.2
Available	4009.3	1579.5	2631.5	2830.5	3364.2
Electric power production, million kw.h	16263.0	8243.2	8963.3	7234.0	8379.15
Electric power delivery, million kw.h	13254.6	6108.2	6855.2	5533.6	6408.4
Specific expenditure of fuel to produce electric power, gram of conventional fuel/kw.h	265.515	386.406	377.306	374.3	371.6
Fuel expenditure to produce electric power, thousand tons of conventional fuel	3519.3	2360.2	2586.5	2071.2	2475.8
Electric power delivery, thousand Gcal	49874.2	32519.9	34387.0	30515.0	25515.1
Specific fuel expenditure to produce thermal energy, kg/Gcal	179.901	160.326	159.463	154.6	150.0
Fuel expenditure to produce thermal energy, thousand tons of conventional fuel	8972.4	5213.8	5483.4	4717.6	3827.3
Total expenditure of fuel, thousand tons of conventional fuel, total, including:	12492.0	7606.5	8069.9	6788.8	6303.12
- black oil	582.5	0.3	89.2	45.2	39.21
- solid fuel, total	11909.5	90.2	7980.8	6743.6	6263.69
Including coal, among coal:	11047.4		7062.5	6106.1	5723.4
- Kuznetskyi					
- Kansk-Achinsk	3352.3		1735.2	1975.7	1840.3
- Irkutsk	7695.1		5327.3	4130.4	2883.1
- other types of fuel	862.1		918.3	637.5	540.3

表 III-4-13 イルクーツク州の水力発電所の技術的特徴

Hydroelectric power stations	Specified power, Mw	Long-term average production, Tw.h/year	Type of run-off regulation	Year of putting into operation
Irkutsk	662.4	4.0	Long-term	1957
Bratsk	4500	22.5	Long-term	1967
Ust-Ilimsk	3840	21.2	Seasonal	1979
Mamakan	102	0.4	Weekly	1962

表Ⅲ－４－１４ 水力発電所による電力生産

(billion kWh)

Power stations	1998	2001	2002
Hydroelectric power stations:	44815.9	47249.1	48076.1
Irkutsk	4416.3	4292.0	21441.6
Bratsk	20533.1	22214.3	22861.9
Ust-Ilimsk	19866.5	20815.6	21441.6

表Ⅲ－４－１５ JSC イルクーツクエネルゴによる燃料消費

Fuel	2000		2001		2002	
	Tons of conventional fuel (c.f.)	Tons of real fuel (r.f.)	Tons of c.f.	Tons of r.f.	Tons of c.f.	Tons of r.f.
Coal						
Cheremkhovo	810781	1304083	624064	1091418	444347	715210
Azei	1423916	2469410	1275417	2252941	2462440	4312819
Borodino	2018450	3655517	1862552	3381320	1661257	3030461
Mugun	1317265	2333315	1189567	2120936	1520269	2667669
Alar	6154	11476	-	-	-	-
Tulun	1185775	2193765	1080354	1979607	-	-
Zheron	-	-	156322	288030	114442	183328
Pereyaslovski	-	-	-	-	45874	80407
Irbeisky	-	-	-	-	15066	30342
Total coal	6762341	11967566	6188276	11114252	6263695	11020236
Black oil	47420	34186	41793	30198	39416	28390
Total coal+black oil	6809761	12001752	6230107	11144477	6303118	11948632
Average price, rouble/ton of conventional fuel	133.27	234.88	225.65	403.65	290.7	509.57

表Ⅲ－４－１６ JSC イルクーツクエネルギーによる電力用燃料消費

(ton/年)

1	Type of fuel 2	Fuel consumption				
		1991 3	1998 4	1999 5	2000 6	2001 7
TPS-1, Angarsk city	Black oil	5644	1973	1672	1832	1483
	Coal: Irsha-Borodino	31274				12996
	Cheremkhovo	1163089	891776	800289	854219	758121
	Azei	979792	293891	358606	312773	446508
	Tulun		4388	4102		
	Mugun		9430	7810	81940	50903
	Anthracite			998		
TPS-3, Zima city	Black oil	1458	460	374	236	267
	Coal : Azei	366825	199776	164300	135181	109998
	Mugun				2989	
TPS-5, Shelekhov city	Black oil	5751	483	538	434	347
	Coal: Cheremkhovo		69			70
	Azei	363405	166082	35879		9096
	Mugun		54048	189114	237787	212510
TPS-6, Bratsk city	Black oil	4773	1752	814	795	786
	Coal: Nazarovskiyi					
	Kansk-Achinsk	2442255	1098248	1567943	1625172	1515979
	Tulun		272750	31919	9112	
	Azei		64157	6788	4117	
TPS-7, Bratsk city	Black oil	246	208			
	Coal: Irsha-Borodino	460143	124306	Reorganized into enterprise "Bratsk Calorific Grid"		
	Azei		10708			
	Mugun		2863			
TPS-9, Angarsk city	Black oil	110600	2859	2158	1625	1413
	Coal: Tugnui	85523				
	Azei	2546191	358844	182541	76121	89784
	Tulun		985319	1576241	1718680	1564583
	Cheremkhovo	194066	25366	6721	19532	25303
	Mugun		53869	201054	121932	120299
	Irsha-Borodino	288261				42383
	Alar		24638	30236	11151	
TPS-10, Angarsk city	Black oil	8522	2010	1516	1014	1153
	Coal : Mugun		28563	136005	136492	
	Cheremkhovo	1124783	729512	446031	262178	191772
	Azei	795112	154672	255753	435930	227293
	Irsha-Borodino	782520	27738			272218
	Tulun		28286	56925	34193	63931
	Alar			2014	325	
	Tugnui	11840				
TPS-11, Usol'e- Sibirskoe	Black oil	7846	3206	1993	2053	1943
	Coal: Azei	1872952	277571	393786	410420	412465
	Tulun		129225	289469	334752	286693
	Mugun		435924	576727	585440	459424
	Cheremkhovo	94470	419301	7437	2755	1289
	Kansk-Achinsk	45607	6596			20839
	Alar		1028			
	Tugnui	17892				

Table 4.16 continued

1	2	3	4	5	6	7
TPS-12, Cheremkhovo city	Coal: Tugnui					
	Cheremkhovo	5454	154559	158852	165399	114863
	Azei	303561				55613
TPS-16, Zheleznogorsk city	Black oil	686	519	488	276	208
	Coal: Mugun		19273	13972		3235
	Azei	255974	225028	181605	189177	139528
	Cheremkhovo					
NITPS, Irkutsk city	Black oil	14364	3286	2469	2454	2586
	Coal: Azei	1222421	904743	852295	576160	430753
	Irsha-Borodino	828624	292131	348537	553407	722407
	Mugun		521255	470331	707880	584235
	Tulun		50763	79054	85113	54600
	Tugnui	36038				
NTPS, Sayansk city	Black oil	3864	695	776	687	657
	Coal: Azei	1027023	72812	121055	270259	273235
	Mugun		508432	527347	439894	394188
	Tulun				2833	5292
UI TPS, Ust-Ilimsk city	Black oil	4075	1056	487	339	626
	Coal: Cheremkhovo					
	Peck	335	114	81	64	106
	Kansk-Achinsk	1676680	606569	942925	1074581	772106
	Tulun		7050		9082	
	Berezovsk	43393				208191
	Azei		34873			
	Neryungri					
Northern calorific network, Bratsk city	Black oil	10590	996	Reorganized into Enterprise "Bratsk Calorific Grids"		
	Coal: Kansk-Achinsk	263062	161686			
	Azei		150270			
	Tulun					
	Mugun		2864			
	Neryungri					
Irkutsk calorific network	Black oil	53684	36266	33951	21788	18151
Bratsk calorific network (STS+ TPS-7)	Black oil			596	589	499
	Coal: Irsha-Borodino			135859	402357	293572
	Mugun				18973	100250
	Azei			137177	59272	67735
	Tulun			74033		

表Ⅲ－４－１７ 電力グリッドの延長

(km)

	Extent of air lines by the route, total	Including ranks of the voltage			
		500 kw	220 kw	110 kw	35 kw
Eastern electric grids	8677.690	-	48.440	859.990	749.490
Western electric grids	8229.094	865.937	218.408	887.605	884.694
Northern electric grids	6590.521	1588.486	1950.201	964.855	730.559
Central electric grids	6956.045	395.220	437.114	674.467	616.607
South electric grids	2540.519	174.100	334.77	302.403	164.361
Total for the electric grid	33144.088	3023.743	2989.938	3689.320	3226.305

表Ⅲ－４－１８ JSC イルクーツクエネルゴとロシア連邦の電力グリッドの比較

Voltage, kw	Extent of electric power transmission lines, km		Specific extent, km/Mw	
	JSC «Irkutskenergo»	Russian Federation	JSC «Irkutskenergo»	Russian Federation
10-20	12.20	1912 642	3.12	8.92
35 and over	17.82	2554	4.55	3.0
Total	30.02		7.67	11.92

表Ⅲ－４－１９ 熱ネットワークの延長

(km)

Enterprises of JSC «Irkutskenergo»	Total calorific grids	Main calorific grids
ACG (Angarsk Calorific Grid)	278.78	76.37
ICG (Irkutsk Calorific Grid)	113.79	58.35
BCG(Bratsk Calorific Grid)	249.90	67.60
TPS-12, Cheremkhovo city	13.72	6.36
Ust-Ilimsk TPS, Ust-Ilimsk city	72.42	19.39
CEG (Central Calorific Grids)	4.21	-
TOTAL	732.82	228.07

Ⅲ－５ 暖房システム

1. 計算された外気温度および暖房期間

信頼性のある経済的な暖房供給は、州の住民の生活力および工業の稼働をもたらす主要条件の1つである。

最初に、州のすべての地域は、厳しい気象条件を有するという事実である。州の南部地域において、計算された暖房温度は -40°C である。そして北部地域において、それは -50°C に達する。暖房シーズンの期間は240～270日に達する。平均年間外気温は 0°C 以下である。

2番目に、暖房システムは、州の燃料－電力産業における燃料の最大の消費者である。

3番目に、消費と熱的エネルギーのコストの全体は、工業の数、それらの効率、および工業的出力のコストに大きく影響する。

2. 熱エネルギーの源

上記において意図されたように、現在、州の熱は以下の会社によって供給されている。JSC イルクーツクエネルゴの13の熱－電パワーステーション (TPS) , 他の会社の4つの熱－電パワーステーション (バイカルスク紙およびパルプミル, ブラーツクとウスト－イリムスク錫産業, JSC ヴィチメエネルゴ) である。暖房および工業的ボイラーハウスによって、熱生産は有機性燃料および電力、熱使用装置、そして個別暖房ストーブを使用する。

表Ⅲ－５－２は、源の異なるタイプによる、特殊な電力および熱生産に関する一般的データを示す。JSC イルクーツクエネルゴ、および他の会社に属する熱－電気パワーステーションの源による熱の生産のデータは公表されている。それ以外のデータは統計的情報および専門化の推定を通じて得られるが、概要的な数字である。

表の解析は、暖房用ストーブを除く熱生産のパターンは以下の事項を示す。熱電パワーステーションは約60%に達する。有機性燃料のボイラーハウスは約32%を構成する。電気ボイラーハウスは8%以上に達する。推定は、暖房ストーブがほとんど熱の14%を生産することを示す。この推定は、州における都市と地区において家屋の暖房された床面積に関するデータを使用してなされた。暖房ストーブを考慮した熱の総生産において、熱電パワーステーション、ボイラーハウスおよび電気ボイラーハウスのシェアは、それぞれ約51%、28%、7%に達する。

イルクーツク州において、熱の最大の生産者は、JSC イルクーツクエネルゴである。イルクーツクエネルゴに所属する、13の熱電パワーステーション、23の電気ボイラーハウスおよび3つの地区ボイラーハウスは、熱の50%以上を生産する。および不安定な状態にある暖房用ストーブにかかわらず、それらは熱の60%以上を生産する。55%の熱は工業的消費者に供給される。約12%は直接的にハウジング共同

体的サービスの消費者に供給される。約 33%は卸売りの消費者—再販売者に供給される。

ボイラーハウスの特徴は、表Ⅲ-5-4～7において与えられる。電気ボイラーハウスの特徴は、表Ⅲ-5-6～7において与えられる。表Ⅲ-5-4は、ボイラーハウスにおいて使用可能な設備の内容を与える。設備の仕様と使用可能な出力の違いは、主として基本的設備と補助設備の間の相違から由来する。また、設計された燃料以外の燃料の使用に起因する。

表Ⅲ-5-5は、過去5年間の推移において、検討されたボイラーハウスの使用可能な出力の変化を示す。表は、明瞭に非経済的（非効率）である機械の使用に起因する使用可能出力の減少（8%）を示す。表Ⅲ-5-6は、イルクーツク市とブラーツク市にある、JSC イルクーツクエネルゴの最大の電気ボイラーハウスを示す。推移は、これら電気ボイラーハウスの熱出力の変化を示す。過去5年間に、これらの熱エネルギーの源は2倍に増加した。

表Ⅲ-5-7は、ほとんど大部分の重要な電気ボイラーハウスに関する要約された情報を示す。電気ボイラーハウスの総仕様出力は、JSC イルクーツクエネルゴの源によって供給される約 1,400 MW を含み、1,600 MW 以上に達する。熱供給のためのパワー消費の成長は、パワーグリッドにおいて電力の使用可能な余剰と関係する。また、水力発電所からの比較的安価なエネルギーに関係する。同時に、電力価格は、現在上昇にむかって変化しつつある。それは、熱供給用の電気ボイラーハウスのさらなる建設と開発の必要性をもたらす。

表Ⅲ-5-8は、JSC イルクーツクエネルゴの異なるボイラーハウスによって供給される熱エネルギーを示す。JSC イルクーツクエネルゴに含まれない、有機性可燃物で稼動するボイラーハウスに関する最も完全なデータは、1985年におけるものである。1985年において、イルクーツク州において、4,300のボイラーハウスが稼動中であった。これは1,900の工業用のボイラーハウス、および2,400の暖房用ボイラーハウス、田舎における個別の暖房ボイラーを含む。

20 Gcal/h かそれ以上のパワーをもつ大規模なボイラーハウスの割合は、ボイラーハウスによる熱の総生産において約 49%である。一方、総仕様出力におけるボイラーの割合は、21%に達する。工業的なボイラーハウスの割合は、熱生産において約 76%である。仕様出力においてほぼ 80%である。

ボイラーハウスに関する完全な情報は、現在において使用可能ではない。それは、多くの点で、多数の近年にボイラーハウスが閉鎖されてきたという事実によって条件化されている。さらに、いくつかの工業的なボイラーハウスが、共同体的設備に与えられている。

要求された情報は、処理化されている。1,452のボイラーハウスは、20 Gcal/h よりも小さい仕様出力を有する。34のボイラーハウスは、50 Gcal/h よりも大きい

熱出力を有する。

表Ⅲ-5-10は、イルクーツク州におけるパワー源に関する熱エネルギー生産および必要な燃料消費を推定したものである。熱と電力を生産するための燃料消費の推定は、従来型燃料の 10 million ト以上は、熱電パワーステーションとボイラーハウスにおいて消費されたことを示す。22 %は電力を生産するために消費され、78 % (3.5 倍以上) は熱を生産するために消費された。暖房用ストーブに関する可燃物のトータルバランスにおいて、電力を生産するための燃料消費の割合は約 18 % に達する。一方、15 %は暖房用ストーブによって消費される。

3. 熱グリッド

現在、州内における 11 の都市は、1つあるいは数個の熱電パワーステーションを含む工業用熱システムを有する（アンガラスク、バイカルスク、ブラーツク、ツェレノゴルスク、ジマ、イルクーツク、サヤンスク、ウソレーシベイルスコ、ウストーウリムスク、チェレムコヴォ、シェレクホ）。これらのシステムの間で最大のものは、熱供給をともなう熱的グリッドを発達させた。源から最終の消費者までの距離が 15 km、主要ラインの直径は 1,200 mm までのグリッドである。1つのシステムにおける熱的グリッドの広がり、200~300 km である。現在、州における熱的グリッドの総延長は約 3,800 km である。それらの半分以上は、共同体的なグリッドである（表Ⅲ-5-11）。

1993 年に、プラントの熱的グリッドの延長、および地方自治体のハウジング、自治体によるサービス企業によるグリッドは、総延長の約 30 %に達した。1999 年から現在までの期間に対して、熱的グリッドの約 1,000 km は共同体的な設備に与えられている。表Ⅲ-5-12は、JSC イルクーツクエネルゴに属する熱的グリッドの延長に関するものであり、州の都市の間に分布するそれらの延長を与える。図Ⅲ-5-1は、共同体的な熱的グリッドおよび JSC イルクーツクエネルゴのグリッドの延長に関するデータである。

共同体的な熱的グリッドの平均的・重量的な延長の直径は 152 mm であり、老化したグリッドの直径 128 mm である。JSC イルクーツクエネルゴのグリッドの直径、それぞれ 460 mm および 380 mm である。

イルクーツク、アンガラスク、ブラーツクに位置する熱的グリッドの 3つのプラントは、JSC イルクーツクエネルゴの熱的グリッドおよびボイラーハウスを開発するために設立された。さらに、“ブラーツク熱的グリッド”のプラントは、ブラーツクおよびウストーウリムスクの熱的グリッドを含む。

共同体的な熱エネルギーパワーシステムは、州内のハウジング共同体的なサービス、および州立プラントのかなりの資産であり、熱エネルギーの 2番目に大きい生産者である。熱供給システムは、州の居住地における、ハウジング共同体的なプラントに

よって開発されている。これらのプラントは、約 1,500 のボイラーハウスを開発し、熱グリッドの 2,000 km 以上を開発している（州全体の熱的グリッドの 56 %）。

現在は、州の熱供給の状態は、ロシアの大部分に共通する典型的な状態にある。暖房、開放状態での水分離、暖房主要設備の従来型の地下埋設を連結するエレベータスキームは、鉱物絶縁体をとまなう通過不能なチャンネルにおいて広範に使用される。熱媒体は、建物における入力において設置されたスロットル装置を利用して、消費者の間で分配される。

最も緊急な問題は、とくに地方における小規模および中規模の居住地の熱供給の問題である。州の大都市における既存のハウジング設備の 80~100%は、集中化された中央暖房によって供給される。しかしながら、小規模な都市および居住地における居住空間の約 15%は、ボイラーハウスから集中化されたおよび中央暖房を供給される。および約 4%は温水を供給される。このように、小規模および中規模の居住地の熱供給は、十分な注意が要求される。北部地域は、この点に関して最も顕著である。

4. 環境に対する熱源の影響

州内における共同体の熱エネルギーの基礎は、1950 年~1960 年代に建設された小規模なボイラーハウスである。および 1960 年~1970 年代に稼動にはいった熱グリッドである。それらのボイラーハウスおよび熱グリッドは、新しいものに完全には置換されていない。ボイラーの実際の効率は、50~60%である。しかしながら、パスポートのボイラー効率は、75~80%に達する。

稼動中のボイラーの、経済的効率の減少の基本的理由は、以下のとおりである。

- 設計とは異なる石炭の使用。
- 水処理システムの欠如
- 自動化、機械化、コンピュータ化、メンテナンスの低いレベル

石炭および暖房ストーブを使用するボイラーハウスは、固定的なパワーエンジニアリングからの全体的な排出へ寄与している。および人間の活動性環境に影響する。それは、可燃性の石炭の高灰含有量、煙突の高さ、煙性ガスの清浄化の欠如、燃料の高い特殊な消費（従来型燃料/Gcal の 200kg 以上）によって支援される。

例として、イルクーツク市における大気中への年間の放出物質における、ボイラーと暖房ストーブの割合は、以下のとおりである。

二酸化炭素	: 80 %
メタン	: 90 %
揮発性有機物質	: 96 %
ベンザピレン	: 99 %

5. 熱エネルギーの既存の消費および予測

現在使用されている標準（SNiP”熱グリッド”）にしたがって、熱消費からみて、建物の3つのカテゴリーに区別される。

1～2階

3～4階

5階以上

表Ⅲ－5－13は、標準（SNiP）にしたがって暖房における建物の最大熱負荷、および入力におけるエレベータを設置された建物に対する測定された値、コンピュータ化された熱ステーションを示す。これらの値は、建物の熱消費の決定に用いられる。もし熱エネルギーの測定方法が使用可能でないならば、計算の主要部分に対してSnipに対応する値が認められる。

統計情報の解析は、以下を示す。州の住民の84%が都市型居住地—都市型の市および居住地に住んでいる。住人の16%が地方に住んでいる。トータル居住空間（人が住む家屋）は、約46,300,000 m²に達する。すなわち、1人あたりの平均として17.7 m²（都市における18.2 m²/人、田舎地域における16.7 m²/人）である。

社会—ハウジングセクターの暖房化された床空間は、全体として約18%を構成する。州におけるすべての暖房化された建物の73%は、セントラル暖房を有する。大都市において、この値は約87%を構成する。一方、地方において、すべての暖房化された建物の40%はセントラル暖房である。居住空間に関して、これらの値は、それぞれ約70%、86%および36%である。

トータルとして、州の人口の64%は温水を供給されている。都市において、この値はほぼ82%である。一方、地方において人口の約29%は、温水を供給されている。大都市は、高度に集中化された熱供給によって特徴づけられる（85～100%）。最低の集中化された熱供給（10%以下）は、地方において典型的である（カタンガ、シエレコヴァ、オルホン、ウスト—ウダ、ジガロボ、ニチェネウヂンスク）。この地域では、個別暖房が主体を占める。

標準的熱供給の計算は、標準にもとづいて（SNip”熱ネットワーク”）、社会—共同的圏内の居住セクターと建物に対して、表Ⅲ－5－14で与えられる。SNip”居住しない家屋”にしたがって、室内大気の計算された温度は、+20℃に設定される。SNip”熱的グリッド”にしたがって、温水供給のための仕様化された消費は、1人あたり629 kcal/hである。年間における水供給期間（350日）と同様に、それは、Snipにしたがって、温水温度（55℃）の温度、冬季（5℃）および夏季（15℃）における冷水温度に相当する。

都市と地区において、暖房化された床空間の1 m²につき年間熱消費の比較は、次のことを示す。しばしば低い外気温度をとる地域に対して、この指標はあまり寒くない南部地域に対するよりも、低いように見える。例えば、スルディヤンカに

対してそれは 0.648 Gcal/m²年、イルクーツクに対して 0.598 Gcal/m²年、ブラーツクおよびチュナ地区において 0.584 Gcal/m²年である。この明白な不一致は、断熱性建設および材料を使用して、北部地域において家屋を建設することによって補償される。

表Ⅲ-5-14は、居住可能な屋敷およびイルクーツク州の社会的セクターのために、熱に関する標準的な要求にもとづく要約化されたデータを含む。トータル標準的熱消費は、約 25,700,000 Gal/年である。これは、グリッドにおける熱損失に関して、州のハウジング共同体的セクターおよび消費者によるものである。約 87%は暖房に必要であり、約 13%は温水供給のために必要である。大都市はトータルの熱消費の 65%を消費する。熱の約 69%は、集中化された熱供給 (GCH) のグリッドから消費され、31%は暖房ストーブから消費される。集中化された熱供給における暖房の割合は約 80%に達する。都市における集中化された熱供給は、全体の熱供給において同様の部分を有する。

熱電パワーステーションからの、集中化された熱供給のトータル熱消費は、10,000,000 Gcal (45%)を多少上回る。電気ボイラーハウスからの熱消費は、4,370,000 Gcal (19.5%)に達する。有機性可燃物で稼動しているボイラーハウスの熱消費は、8,000,000 Gcal (35.5%)である。将来における熱エネルギーの必要性は、表Ⅲ-5-15に示される。

6. 熱供給システム

(i) 集中化熱供給システムおよび非集中化熱供給システム

州内において使用可能な熱供給のシステムは、2つの基本的タイプに区分される。集中化システムは、主として JSC イルクーツクエネルギーのシステムを含む。非集中化システムは、熱を1つの建物、プラント、事務所に供給する。集中化された熱供給は、熱源、熱的グリッド、消費者と熱消費の家庭のシステムを連結する集合を有する。熱源は、熱およびパワープラント、すなわちボイラーハウス (石炭および重油) および電気ボイラーハウスなどの、熱電発電所 (TPS) を含む。

温水は、熱媒体として使用される。2重管の熱グリッドは、主要な鉱物断熱材をともない従来から利用される。それらは、地下の非通過性チャンネルにおけると同様に、軸受けの地上部においても敷設される。最近、熱的グリッドを地上に敷設するという傾向にある。それは、グリッドの維持のためのより単純な要求、および異なる事故のより速い対応に基づく。非集中化システムは、熱グリッドを保有しない。それらは、暖房の直接的な連結を持つ。熱源および消費者のシステムにおける熱媒体の温度は、供給主要ラインにおいて通常 95°Cであり、戻り主要ラインにおいて 70°Cである。

(ii) 暖房および温水供給の代表的システム

イルクーツク州における集中化された熱供給システムは、温水供給のために、熱グリッドからの直接で迅速な水分離をとまなう開放的状态にある。暖房システムは、エレベータをとおしてあるいはそれらをなしに、依存性スキームを使用する熱グリッドに含まれる。

これらのグリッドは、セントラル調整設備を使用する。温度プロットは、供給主要ラインの 150°C または 130°C において、戻りメインラインの 70°C において、温度的に対応している。建物内部の温度は、95°C を超えない。供給された水の温度を低下させるための混合装置は、建物への入力に設置される。熱負荷は、外気温度に依存して熱源において 1 日に 2 回 (8AM, 8PM) , 調整される。調整は、配給される熱媒体の温度の変化に対して、温度プロットと対応させて行われる。

このプロットは、図Ⅲ-5-2 において与えられる。それはグリッドへの供給水の設計された最高温度に対して 150°C として、グリッドからのおよび戻り水は 70°C として、計算される。外気温度がより高い場合、熱媒体の温度は低い。

イルクーツク州において適用された、消費者を連結する設備 (循環) は、図Ⅲ-5-3 において示される。設備は、熱グリッドへの、暖房 (H) と温水供給 (HWS) および換気 (V) の連結を示す。ShV, ShVP, ShVO, OSh, PSh は、対応する温度に調整するための、スロットルダイヤフラムである。E はエレベータ (混合装置) である。図Ⅲ-5-3 は、エレベータを通じて、消費者を連結する設備を示す。一方、図Ⅲ-5-3 は、エレベータがない場合の連結設備を示す。1 番目の設備は、システムへの供給水のより高い温度において適用される (温度プロットが 105/70°C および 130/70°C) 。一方、2 番目の設備は、プロット 95/70°C に対応する、比較的低い温度において使用される。

(iii) 暖房および温水供給の特徴

熱供給のイルクーツク州における集中化は、非常に進んでいる。暖房および温水供給は通常は特性化されている。暖房シーズンは、南部地域において 8 ヶ月、北部地域において 10 ヶ月あるいはそれ以上連続する。表Ⅲ-5-16 は、イルクーツク市の近くに位置する地域に対する、暖房期間における外気温度を与える。

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°C として設定される。および戻り水は 70°C として設定される。これらの温度は、計算された温度および外気の低い温度に大して維持される。外気のより高い温度においては、この温度は低くなる。暖房シーズンは、戸外の温度が +8°C に等しい時点で始まる。夏季には、暖房は閉止される。

開放タイプの温水供給において、供給水はシステムから直接に消費者によって取り込まれる。アパートメントハウスのための温水分離のプロットは、図Ⅲ-5

ー4において示される。生活に必要な温水の温度は、55℃よりも低くならないように設定されている。平均として、温水供給の負荷は20%かそれ以上に達する。1日のうちで、朝（午前7～9時）および夜（午後7～10時）の2つのピークを有する。温水供給のピーク負荷はほぼ2回である。標準にもとづいて、日非調整の係数は2.4である。

温水供給の主要な設備は、図Ⅲ-5-5において与えられる。図Ⅲ-5-5 aは混合なしの設備を示す。図Ⅲ-5-5は、供給からの水分離および温度調節器と循環ラインをともなう戻り管を含む。

(iv) 室内（室温）に対する大気温度

表Ⅲ-5-17は、現行の標準にしたがって、消費者の異なるカテゴリーに対するイルクーツク州の気候条件に対する室内の空気温度を与える。それは、建物の異なるタイプについて変化する。

グリッドおよび消費者による水消費1日の変動は、1日のうちで不規則なパターンを有し、温水供給によって変化する。熱供給の開放システムにおいて、温水供給への水の分離による脈動は、暖房システムへ流入する水消費において上昇する。分配する配管からの水分離の極大において、暖房のための熱および水の量は、計算された量よりも少ない。一方、水分離の極小において、熱と水は大きい。

1日のうちで、システムに属する暖房装置は、室内における正常の空気温度を支えるために必要な熱を与えることが望まれる。それは、熱供給システムを再建設する際に、考慮に取り入れられるべきである。

(v) 熱供給の問題

熱供給を再建設する際に考慮されるべき、主要な特徴は以下のとおりである。

- GHP 暖房システムを含む、非従来型の熱源を適用するため、比較的に高温 95℃であること。
- 熱媒体の低温度において、要求された熱放出を供給するため暖房装置の小面積であること。
- 個別の調整を必要としない1つのパイプ暖房システム

自動化および調整の不足は、システムの再建設の機会を限定する。暖房システムおよび温水供給システムの結合は、新しい技術的解決方法の実施に対して、特殊な特徴をもたらす。開放システムおよび独立した設備は、特殊なアプローチと解決策を必要とする。イルクーツク州における熱供給システムの建設は、多くの点で、他の国とは異なる。システムを再建設する際に、それは考慮に入れる必要がある。

(vi) 極寒の条件におけるグリッド建設の特徴

曲率あるいは自己封鎖された補償設備をもつ、低いベアリング上の配管の地上での敷設は、永久凍結した土地を有する地域において望まれる。また、マグニチュード7規模の地震活動をともなう地域において必要である。

異なる配管の複合化された施設（水配管、熱グリッド）は、吊り下げパイプがある鉄-コンクリートチャンネルにおいて、密集した建物のある居住地に対して推奨される。多様な目的の建物における入力は、地下、地表、地上においてなされる。出力は、地下および地表レベルにおいて行われる。入力および出力は、分離あるいは連結することができる。

極寒の気候条件において、補強されたコンクリート製の非通過性のチャンネルにおいて、複合化配管（熱および水供給）が敷設される。水のディスチャージおよび熱媒体のパラメータと関係のない、水ラインおよび熱グリッドの入力に関して、最小のパイプ径は、50 mm 以下として採択されるべきである。底までの水パイプの敷設深度は、土地の凍結の計算深度よりも0.5 mまでとすべきである。土地の凍結の深度に関する観測データが使用可能でないならば、土地の凍結の深度は熱技術計算によって決定されるべきである。

水の最低温度は、ネットワークおよび水輸送管の末端において、以下の直径を有する管が認められる。

5°C以下の場合：300 mm まで、

3°C以下の場合：300 mm 以上

建物の入力における管の直径は、50 mm 以下とすべきである。

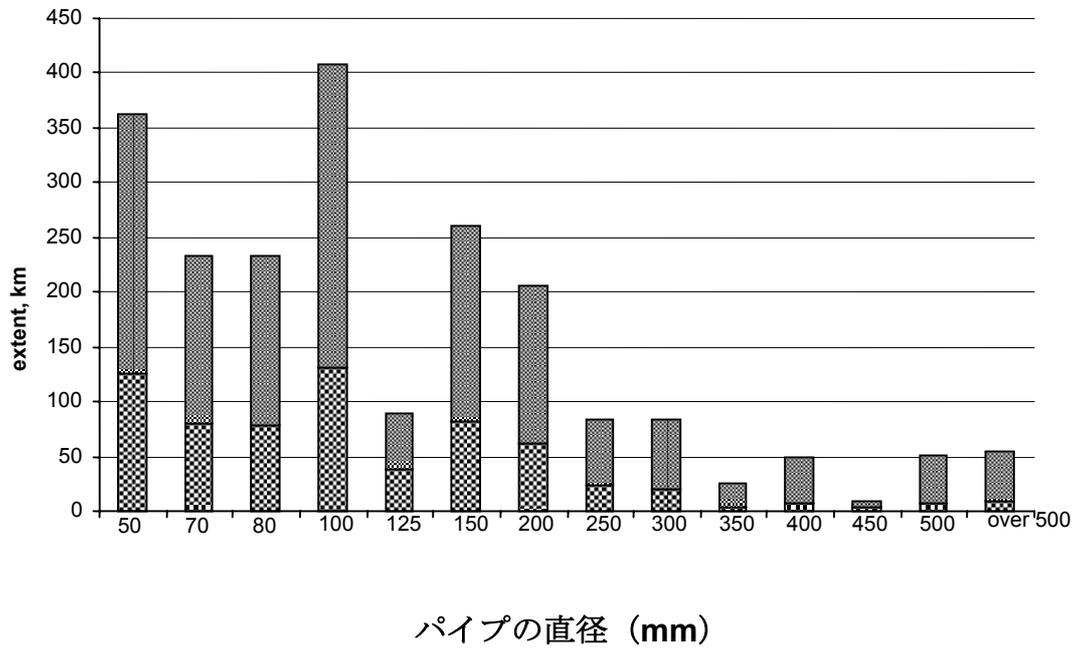
永久凍結地面を有する地域、およびマグニチュード8および9の地震活動を有する地域において、水輸送管のラインの量は、原則として、2よりも小さくすべきである。

水グリッドは、リングタイプとして設計可能である。水供給の源は、地面および地下に分離されうる。地表の源（河川、小川、湖水）の多くは、冬季に凍結し、計算された容量に対して、長期間（時には1年のうち6~9ヶ月）にわたり使用不可能である。北部地域において、地下水は、穏やかな気候を有する地域と比較して痕跡程度である。しばしばこれらの水は、高濃度の鉱物化のために水消費としてほとんど使用されない。冬季の2番目の半分において、地表の源は、しばしば低温度のもとでの生物化学的過程に起因して、不十分な水質となる。

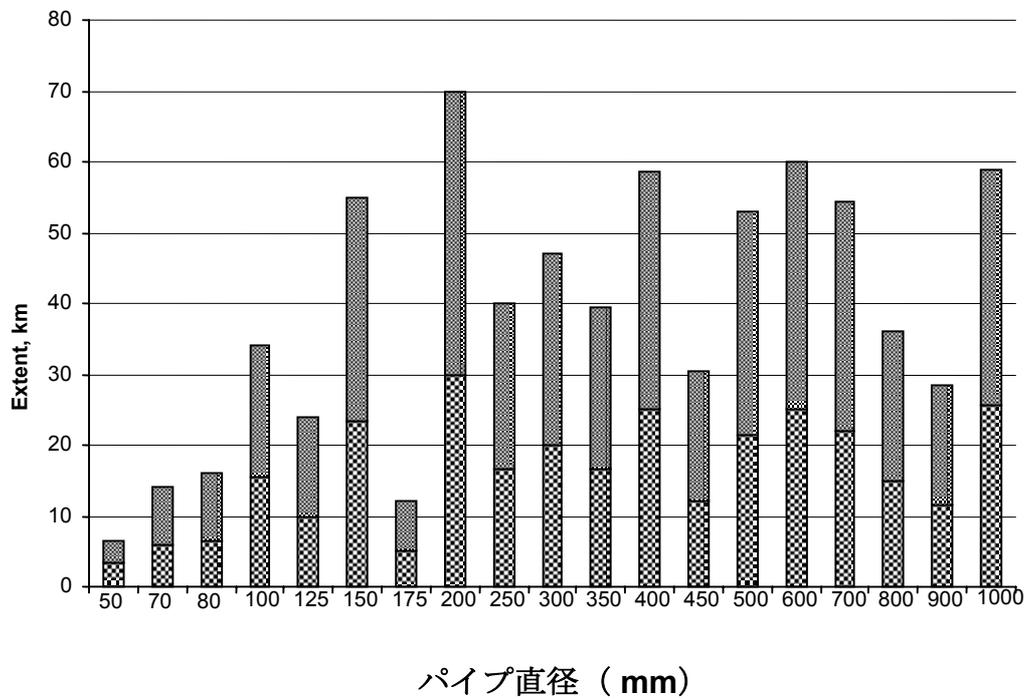
水貯留の衛生的防護領域を設計するにあたって、これを考慮することが必要である。低温度において水は相当に高い粘性を有し、その定置および透過性を妨げる。複合された水取り入れを固定することは可能である。相対的に一定の水の負債をともなう、信頼性しうる稼動のために、地表の結合した集水および地下水を

複合する。シベリアの河川から水を取水する場合、平行した集水、地表水および地下水の使用は技術的および経済的に好ましい。

a) 自治体の熱グリッド

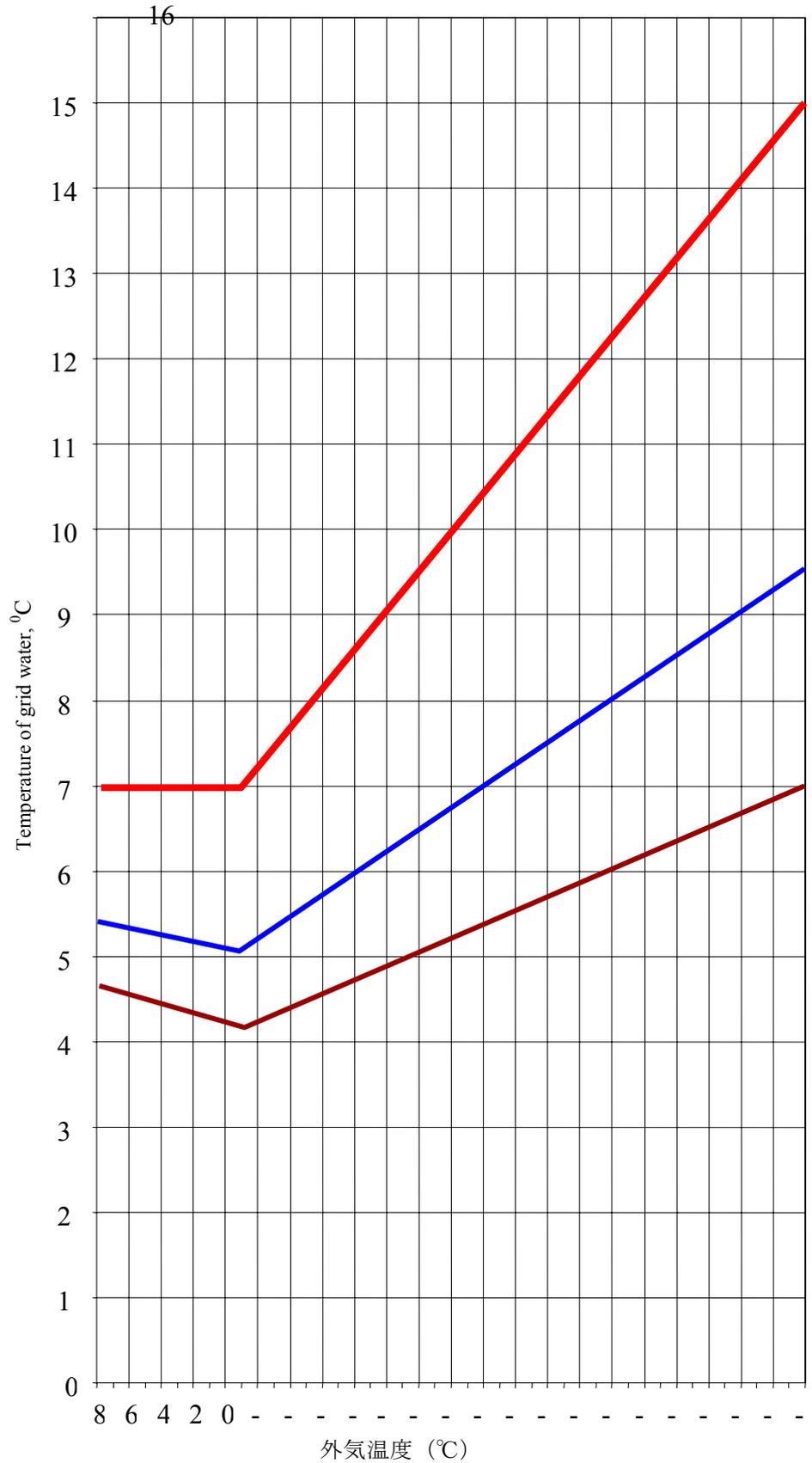


b) JSC “イルクーツクエネルゴ “

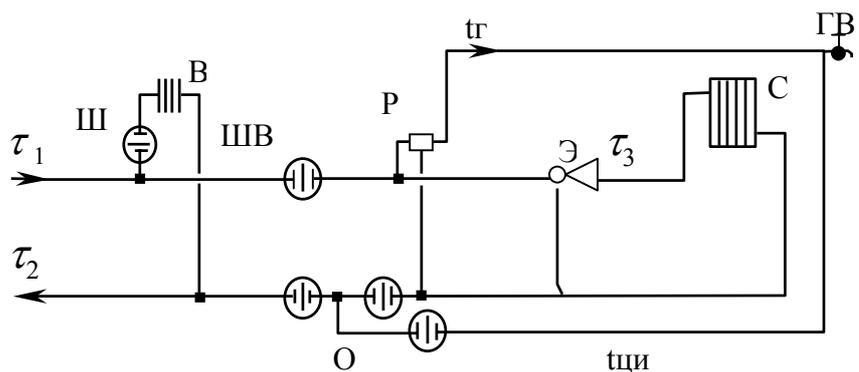


図Ⅲ-5-1 熱グリッドの延長

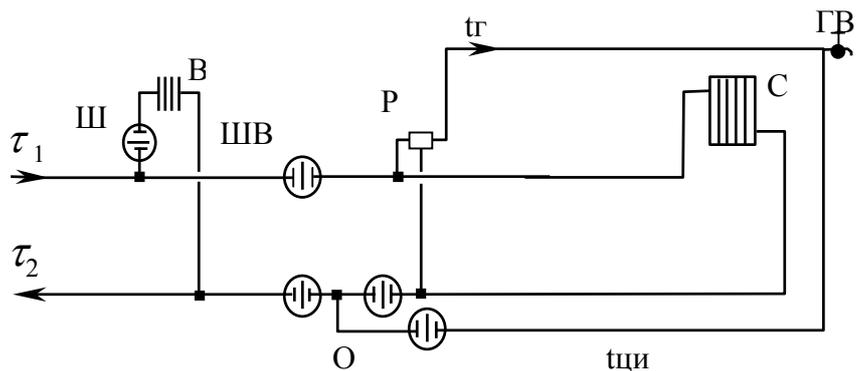
T	T	T	T
8	7	4	5
7	7	4	5
6	7	4	5
5	7	4	5
4	7	4	5
3	7	4	5
2	7	4	5
1	7	4	5
0	7	4	5
-	7	4	5
-	7	4	5
-	7	4	5
-	7	4	5
-	7	4	5
-	7	4	5
-	8	4	5
-	8	4	5
-	8	4	6
-	8	4	6
-	8	4	6
-	9	5	6
-	9	5	6
-	9	5	6
-	9	5	6
-	9	5	6
-	10	5	6
-	10	5	6
-	10	5	7
-	10	5	7
-	11	5	7
-	11	5	7
-	11	5	7
-	11	5	7
-	11	5	7
-	11	5	7
-	12	6	7
-	12	6	8
-	12	6	8
-	12	6	8
-	13	6	8
-	13	6	8
-	13	6	8
-	13	6	8
-	13	6	8
-	13	6	8
-	14	6	9
-	14	6	9
-	14	6	9
-	14	6	9
-	15	7	9



図Ⅲ－５－２ イルクーツク市に対する計算温度

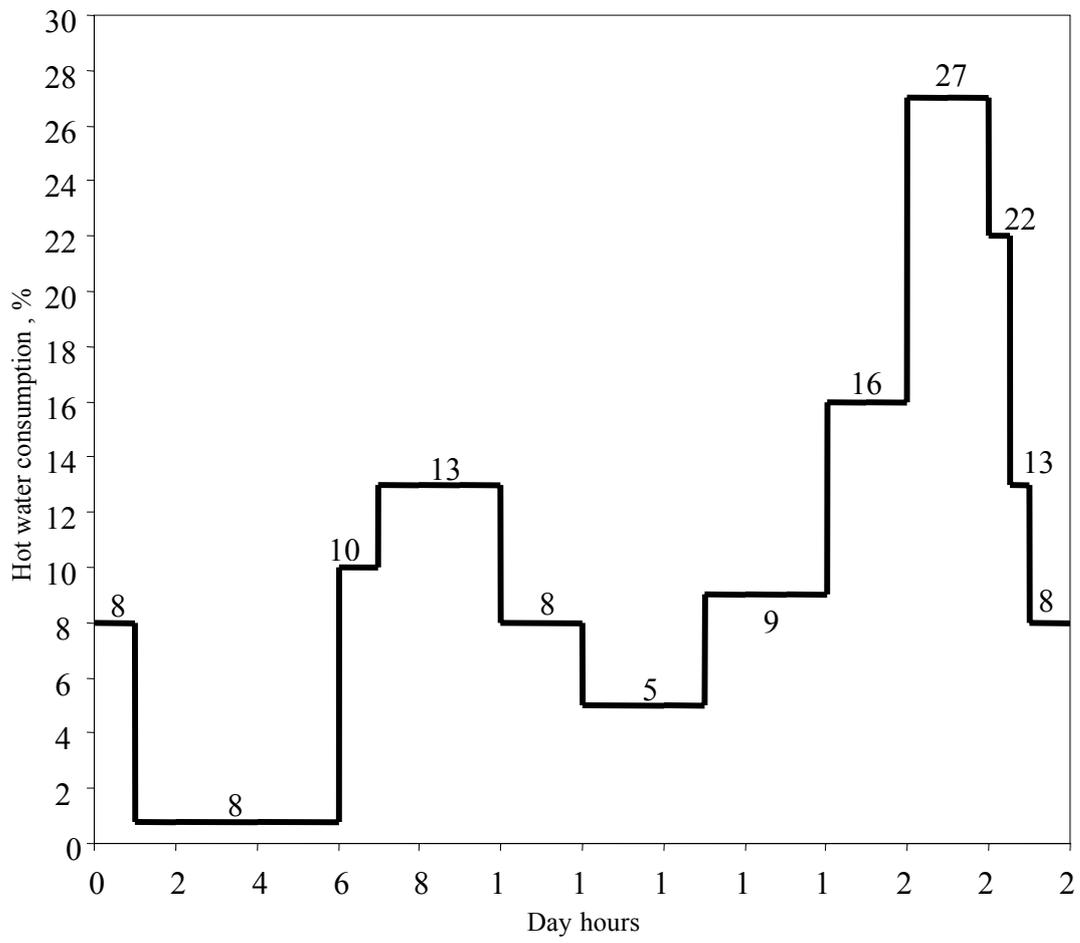


a) Scheme with dependent elevator connection of the heating and with open water separation of hot water.

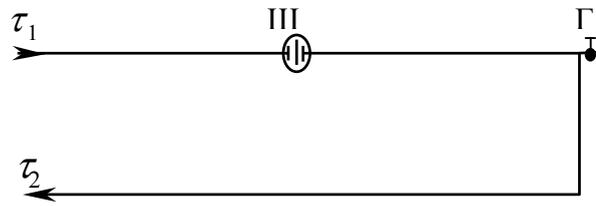


b) Scheme with dependent direct connection of the heating and the open water separation of the hot water

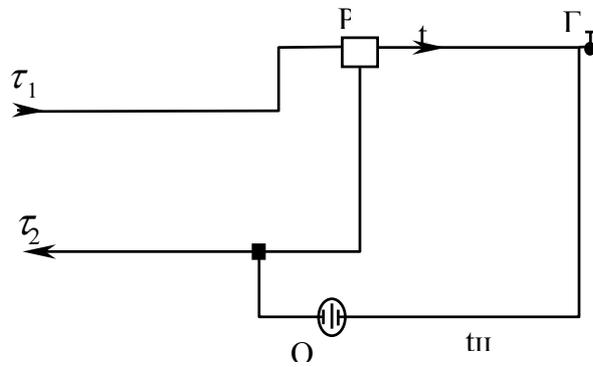
図III-5-3 イルクーツク州における暖房および温水供給の連結スキーム



図Ⅲ-5-4 アパートにおける温水消費



a) Hot water supply without mixing



b) Hot water supply with temperature regulator (TR)

図III-5-5 温水供給の代表的スキーム

表Ⅲ－５－１ イルクーツク州の気候特性

№	Settlement	Heating season, days	Temperature of the outside air, °C		
			Calculated	Average of heating period	Annual average
CITIES:					
1	Angarsk	239	-40	-9.4	-2.2
2	Alzamai	245	-41	-8.9	-1.2
3	Baikalsk	255	-28	-6.5	-0.7
4	Biryusink	-265	-38	-9.2	-3.3
5	Bodiabo	257	-47	-13.9	-5.6
6	Bratsk	245	-43	-10.3	-2.2
7	Vikhorevka	254	-44	-9.9	-2.7
8	Zheleznogorsk	255	-45	-11.2	-3.6
9	Zima	243	-42	-10.4	-2.2
10	Irkutsk	240	-36	-8.5	-0.9
11	Kirensk	265	-49	-11.3	-4.0
12	Nizhneudinsk	246	-39	-9.0	-1.5
13	Saysk	243	-42	-10.4	-2.2
14	Svirsk	241	-38	-8.9	-1.0
15	Slyudyanka	254	-28	-6.4	-0.7
16	Taishet	244	-40	-8.5	-0.5
17	Tulun	250	-41	-9.5	-2.2
18	Usol'e-Sibirskoe	246	-41	-10.2	-1.4
19	Ust-Ilimsk	257	-46	-11.5	-3.9
20	Ust-Kut	254	-46	-11.4	-3.7
21	Cheremkhovo	241	-38	-8.9	-1.0
22	Shelekov	241	-38	-8.9	-1.1
DISTRICT CENTERS:					
1	Balagansk	242	-45	-12.2	-3.2
2	Erbogachen	283	-51	-13.1	-6.9
3	Zhigalovo	269	-47	-11.5	-4.7
4	Zalari	244	-43	-11.2	-2.8
5	Kazachinskoe	255	-44	-11.9	-4.2
6	Kachug	250	-46	-12.7	-4.3
7	Kuitun	250	-41	-9.5	-2.2
8	Mama	272	-46	-11.4	-4.7
9	Nizhneilimsk	255	-45	-11.2	-4.3
10	Ust-Uda	248	-45	-12	-3.6
11	Chunskii	245	-43	-10.3	-1.8
12	Khuzhir	25	-31	-7.4	-1.4

表Ⅲ－5－2 イルクーツク州における熱エネルギー源と生産

Source	Heat production		Specified power		Use of specified, hours
	Thousand Gcal/year	%	Gcal/h	%	
Joint-stock company "Irkutskenergo": total	30557.9	61.0	10050	46.2	3040
Including:					
Thermoelectric power stations (TPS)	25525.1	51.0	7914	36.4	3225
Electric boiler-houses	3753.9	7.5	1400	6.4	2680
Boiler-houses	1278.9	2.5	736	3.4	1738
Thermoelectric power stations (TPS) of other companies	4133.6	8.2	1593	7.3	2595
Electric boiler-houses of other companies	482.1	1.0	190	0.9	2500
Boiler-houses (without "Irkutskenergo")	14900	29.8	9933	45.6	1500
Total without stoves	50073.6	100%	21766	100%	2300
Heating stoves	8093	-	10790	-	750
Total	58166.6	-	32556	-	100%
Including:					
Thermoelectric power stations (TPS)	29658.7	59.2	9507	43.7	3120
Electric boiler-houses	4236.0	8.5	1590	7.3	2664
Boiler-houses	16179.9	32.3	10669	49.0	1516

表Ⅲ－５－３ JSC イルクーツクエネルゴにおける熱供給の構造

City, sources	Total		Industry*		Housing and communal services**		Wholesale resellers	
	thousand Gcal	%	thousand Gcal	%	thousand Gcal	%	thousand Gcal	%
Angarsk TPS-1, TPS-9, TPS-10, EBH	11830	100	7817	66	2008	17	2005	17
Usol'e-Sibirskoe TPS-11								
Irkutsk Novo-Irkutsk TPS, two DBH, five EBH	5545	100	1691	30.5	496	9	3357	60.5
Bratsk TPS-6, TPS-7, DBH, three EBH	6234	100	3604	57.8	688	11	1943	31.2
Sayansk Novo-Zima TPS, one EBH Zima TPS-3	2176	100	1488	68.4	66	3	623	28.6
Ust-Ilimsk Ust-Ilimsk TPS, Seven EBH	2250	100	1032	45.9	295	13.1	923	41
Cheremkhovo TPS-12, one EBH	619	100	133	21.5	16	2.6	469	75.8
Shelekhov TPS-5, one EBH	837	100	352	42.1	23	2.7	462	55.2
TOTAL	29491	100	16116	54.6	3591	12.2	9784	33.2

* 工業および温室栽培

** 住宅供給サービス, 協会, 建設組合, ホテル等

DBH-地区ボイラーハウス

EBH-電気ボイラー

表Ⅲ－５－４ JSC イルクーツクエネルゴの地区ボイラーハウスの特性

Boiler-house	Composition of equipment	Power, Gcal/h		Fuel
		Specified	Available	
Kirovskaya	1 x NZL-2 1 x PK-7 4 x PTVM-50	248	196	Black oil
Sverdlovskaya	6 x DKVR-10 2 x PTVM-30	98	94	Black oil
Galachinskaya	2 x BKZ-75 3 x KVTK-100	390	390	Coal
TOTAL		736	680	

表Ⅲ－５－５ JSC イルクーツクエネルゴの地区ボイラーハウス

Source	Years				
	1998	1999	2000	2001	2002
Boiler-houses of Irkutsk city	343	346	290	290	290
Including : "Kirovskaya"	249	248	196	196	196
"Sverdlovskaya"	94	98	94	94	94
Boiler-house of Bratsk city	402	390	390	390	390
Total	745	736	680	680	680

表Ⅲ－５－６ JSC イルクーツクエネルゴの電気ボイラーハウスの電力仕様

Source	Years				
	1998	1999	2000	2001	2002
Electric boiler-houses of Irkutsk city	366.8	547	311.1	588.5	609.5
Including "Lisikha"	100	150	180	203	202.9
"Baikalskaya"	50	77	75.5	77.4	77.4
"Releinaya"	56	63	55.6	82.3	82.6
"Novo-Lenino"	122.1	257	-	156.5	156.5
"Bytovaya"	33.0	257	-	61.9	82.6
"Yuzhnaya"	4.0	257	-	4.0	4.0
"Resort area "Baikal"	1.7	257	-	3.4	3.4
Electric boiler-houses of Bratsk and Ust-Ilimsk cities	245.5	591	591	591	591
TOTAL	612.3	1138.0	902.1	1179.5	1200.5

表Ⅲ－５－７ JSC イルクーツクエネルゴの電気ボイラーハウスの概要

Unit power, Mw	Amount	Specified power	
		Mw	Gcal/h
IRKUTSK			
Over 100	2	419	360
50-100	2	230	198
20-50	1	48	41
Less than 20	3	13	11
TOTAL	8	710	610
BRATSK			
Over 100	1	120	103
50-100	1	84	72
20-50	1	30	26
TOTAL	3	234	201
UST-ILIMSK			
Over100	2	407	350
20-50	1	32	28
Less than 20	4	14	12
TOTAL	7	453	390
SHELEKHOV			
50-100	1	100	86
ANGARSK			
20-50	1	20	17
SAYANSK			
Over 100	1	120	103
ZHELEZNOGORSK			
20-50	1	40	34
CHEREMKHOVO			
20-50	1	32	27
TOTAL	23	1709	1468

表Ⅲ－５－８ JSC イルクーツクエネルゴの熱エネルギー供給と燃料消費

Source	Delivery of the thermal energy, thousand Gcal			
	1991	1998	2001	2002
District boiler-houses	1420.5	1278.9	1187.6	1242.3
Including:				
Irkutsk city	452.9	302.6	149.6	143.8
Bratsk city	967.6	976.3	1038.0	1098.5
Electric boiler-houses	2014.5	3753.8	2231.3	1967.0
Including :				
Irkutsk city	1623.9	1626.4	1623.6	1533.5
Bratsk city	390.6	2127.4	607.7	433.5
TOTAL	3435.0	5032.7	3418.9	3209.5
District boiler –houses	235787.0	222169.6	290852.9	300739.0
Including:				
Irkutsk city	74438	50772.4	30503.2	24291.0
Bratsk city	161349.0	171397.2	260349.7	276448.0
Electric boiler-houses	-	-	-	-
Including:				
Irkutsk city	-	-	-	-
Bratsk city	-	-	-	-
TOTAL	235787.0	222169.6	290852.9	300739.0

表Ⅲ－５－９ ボイラーハウスの特性

Power and types of boiler-house	Amount, pieces		Specified power, Gcal/h (%)	
	1985	1999	1985	1999
Over 50 Gcal/h	33	34	2434 (11.7%)	3965 (49%)
From 20 to 50 Gcal/h	37	30	2010 (9.7%)	921 (11.4%)
Less than 20 Gcal/h	4257	1452	16416 (78.7%)	3200 (39.6%)
TOTAL	4327	1516	20860 (100%)	8086 (100%)

表Ⅲ－５－１０ 熱生産のための燃料消費の推定

Sources of heat	Production		Fuel consumption			Specific consumption of fuel, kg c.f./Gcal
	Thousand Mw.h	Thousand Gcal	Thousand tons of conventional fuel (c.f)	%	%	
Thermoelectric power stations		29660	4750	60.6	49.4	160
Large and middle-size boiler-houses		12880	2370	30.2	24.6	184
Other boiler-houses		3300	720	9.2	7.5	220
Total without stoves		45840	7840	100	81.5	183.9
Heating stoves		8100	1782	-	18.5	220
Total		53940	9622		100	189.3

表Ⅲ－５－１１ 熱ネットワークの延長

(km)

Department	1993	2000
Housing-Communal Service	1161	2157
JSC “Irkutskenergo”	863	737
Other departments	1771	906
TOTAL	3795	3800
Including		
In urban area	3070	3075
In rural area	725	725

表Ⅲ－５－１２ JSC イルクーツクエネルゴの熱グリッドの延長

City	Angrask	Bratsk	Irkutsk	Ust-Ilimsk	Cheremkhovo	Total
Extent of grids along the route, km	283	163	115	162	14	737

表Ⅲ－５－１３ 最大熱負荷の解析

Name	5-storey wainscot		9-storey wainscot		5-storey brick		Average	
	Gcal/h	%	Gcal/h	%	Gcal/h	%	Gcal/h	%
In accordance with standards SNiP	5.671	100	3.5	100	0.56	100	9.7	100
With elevator assembly	5.995	105.7	2.557	77.1	0.551	98.3	9.103	93.8
With computerized calorific station	4.326	76.3	2.118	60.5	0.528	94.3	6.972	71.9

表Ⅲ-5-14 イルクーツク州における熱供給基準

Consumers	Total						Cites			Districts		
	Total	GCH	Stove	Total	GCH	Stove	Total	GCH	Stove	Total	GCH	Stove
Residential sector: total	20.45	13.17	7.28	13.00	10.57	2.43	7.45	2.60	4.85	7.45	2.60	4.85
Including	100%	64.4%	35.6%	100%	81.3%	18.7%	100%	34.9%	65.1%	100%	34.9%	65.1%
- heating	17.69	10.42	7.3	10.65	8.22	2.43	7.04	2.20	4.85	7.04	2.20	4.85
- hot water supply	2.76	2.76	-	2.35	2.35	-	0.41	0.41	-	0.41	0.41	-
Social-communal sector:	5.20	4.41	0.79	3.64	3.47	0.17	1.56	0.94	0.62	1.56	0.94	0.62
total	100%	84.8%	15.2%	100%	95.3%	4.7%	100%	60.3%	39.7%	100%	60.3%	39.7%
Including												
- heating	4.51	3.72	0.79	3.05	2.88	0.17	1.46	0.84	0.62	1.46	0.84	0.62
- hot water supply	0.69	0.69	-	0.59	0.59	-	0.10	0.10	-	0.10	0.10	-
TOTAL:	25.66	17.59	8.07	16.64	14.04	2.60	9.01	3.54	5.47	9.01	3.54	5.47
Including	100%	68.6%	31.4%	100%	84.4%	15.6%	100%	39.3%	60.7%	100%	39.3%	60.7%
- heating	22.20	14.14	8.07	13.70	11.10	2.60	8.50	3.04	5.47	8.50	3.04	5.47
- hot water supply	3.456	3.456	-	2.94	2.94	-	0.516	0.516	-	0.516	0.516	-

GCH - 集中化熱供給のグリッド
Stove - ストーブ暖房

表Ⅲ－５－１５ イルクーツク州における熱エネルギー生産予測

(million Gcal)

Sources	Years						
	2000	2001	2002	2005	2010	2015	2020
TOTAL,	54.70	53.86	50.57	57.21	61.10	65.75	73.30
including: TPS	33.30	31.97	30.20	34.45	36.20	37.50	41.10
Boiler-houses	12.73	12.79	12.00	13.50	14.60	17.50	21.20
Electric boiler-houses	4.12	4.37	3.35	4.10	4.80	5.00	5.20
Other devices	4.56	4.73	5.02	5.16	5.50	5.75	5.80

表Ⅲ－５－１６ 暖房時期における外気温の期間

Temperature, °C	-40 and lower	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+8
Duration, hours	7	58	172	458	864	17-30	2600	3300	4320	5780

表Ⅲ－５－１７ 室内の標準温度

Buildings	Calculated air temperature in the building, t_{inner} , °C
1. Living premises	20-22
2. Pre-school educational buildings	23
3. Schools and school boarding houses	21
4. High schools and universities	18
5. Hospitals	20-22
6. Gymnasiums	18
7. Cultural-and public-service institutions :	
- movie halls	16
- clubs and theaters	20
8. Libraries and archives	18
9. Shops	
- groceries	12
- general stores	15
10. Administrative and communal buildings	18

Ⅲ－6 水供給システム

1. 現在の状態

(i) 水供給

イルクーツク州の地域において、年間 175～180 km³に達する水資源が使用される。135～140 km³は州の外部からもたらされ、310 km³は流出する。表Ⅲ－6－1は、異なる行政地区に対するこれらの資源の主要な貯留を示す。1%以下（これらの資源の約 1.5 billion m³）は、工業において使用される。それは、家庭用－共同体用に必要に対する 316 million m³、製造用に対する 1,175 million m³、灌漑に対する 4 million m³、農業の水供給に対する 45.5 million m³を含む。

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。2,737 million m³の水は、集中化された水供給システムを通じて、1 日あたり通過する（1 住民あたりの再計算によると、1 日あたり 1.5 m³の水を作る）。

表Ⅲ－6－2は、イルクーツク州の住民における水使用の特徴を与える。

イルクーツク州には、82 の市および都市型の居住地が存在し、約 2,098,000 人が居住する。33 の行政地区が存在する（576,000 人の人口を伴う）。居住地、市、行政地域に対する水供給の特徴は、表Ⅲ－6－3において与えられる。さらに、すべての水の 78%は、市および都市型の居住地において地表水の源から供給される。および地下水から 22%が供給される。しかしながら、地方において、水の 8%は地表水源から供給され、92%は地下水源から供給される。

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。それらは地表源にもとづく 47 のシステム、および地下水にもとづく 156 のシステムを含む。地方において、総借方（貯留）が 1 日あたり 892,000 m³である 2,699 の水供給井戸が存在する。203 の水システムの間で、34 システムは共同体の所有である。水供給ライン（グリッド）の総延長は、5,279 km に達する。38%すなわち 1,800 km は共同体に属し、残りは異なる部門に属する。

自然状態からいえば、イルクーツク州の中央部は、低い水供給および地下水の乏しい性質を有する。これらの地域は、ザラリ、ウストーウダ、クイツン地区およびウストーオルダ ブリヤト自治区のすべての 6 地区を含む。ここで水供給を発展させる代替物は、新鮮な地下水をとまなう場所の探査、およびこれらから水ラインの建設である。1960 年代から開始され、イルクーツク地質調査所は、地下水の約 40 の鉱床を探査した。それらのうち 30 は南部に位置し、東シベリア鉄道に沿った、州の工業的に発達した部分である。それらのうち 12 は、バイカルーアムル鉄道に沿った、北部に位置する。

現在、サヤンク、タイシエト、ウストーークト、ゼレツノゴルスクーイリムスキのような市は、主に地下水源から水を供給される。稼働中の水採取量の総計は、34 である。建物の温水供給の主要な設備は、図Ⅲ－6－1に示される。それは、

デッドエンドタイプで、同様に冷水に対しても数えられる。

(ii) イルクーツク

年間 178 million m³ の水が、イルクーツク人工貯水池から採取される。水は、市の水供給網で運搬される。19.3 million m³ 容量のシェレクホフ市のタンクに受け入れられる。市の水供給グリッドは、503 km に達する。それらは実際に作動しないが、19 のポンプステーションおよび 22 の調整用貯水槽を含む。

“水チャネル” のデータによると、水損失は、市に供給される水の 15% に達する。冷水の 310 L および温水の 310 L は、工業的およびその他のプラントによって、毎日 1 人あたり消費される。このように、排水システムへのディスチャージは、1 日あたり 600 L 以上に達する。

アンガラスクは、アンガラ川下流に位置する。水は、熱電パワーステーション-10 (TPS-10) の採取装置から採取される。すなわち、アンガラ川の地表水から水浄化装置を使用した予備的洗浄の後で、水 (1 日あたり 85,000 m³) は市に供給される。特殊な消費は、1 日あたり capita につき 318 リットルである。アンガラ市の浄化装置は、従来からの技術である。新鮮な水のキトイ帯水層は、そこから 33 km の距離にあるアンガラスク市の上流部で開発された。

水パイプラインを建設し、水供給を再建設する事業計画が準備されている。ウソレーシビルスコは、アンガラ川の下流にある市であり、2 つの水採取を有する (アンガラ川およびベラヤ川)。水パイプライン浄化設備が存在する。

(iii) ブラーツク

ブラーツクおよびその分離地区 (パズン、ハイドロストロイテル、エネルギーチック) は、ブラーツク人口貯水池から主として水が供給される。

(iv) ウストーイリムスク

水は、ウストーイリムスク人工貯水池の、右岸および左岸の 2 ヶ所で採取され、供給される。浄化装置は使用可能である。イルクーツク州の住民に、質の高い飲料水を供給するすべての条件が存在する。“人口への飲料水供給” と呼ばれる州計画は、開発途上である。組織的かつ経済的前提条件は、現在作成中である。この計画は、水供給および供給された水の質を向上させる見込みである。

2. 公共的サービス消費の配給

現在、公共的サービスの消費の標準には 3 つの項目 (療養-衛生法, 設計, 稼動的) がある。

療養-衛生的標準は、必要な生理学的および療養-衛生的な要求を用いて設

定される。冷水については、この値は1人につき1日あたり30～40Lであると推定される。

設計標準は、現在それらは使用可能な公共的サービスの最大の可能な消費によって、特徴づけられる。あるいは将来において達成される見込みである。輸送手段の容量の全部は、これらの標準にしたがって設計される。

稼動に関する標準は、達成されうる損失の削減レベルにおいて、冷水と温水、電力およびガスの理にかなった消費を意味する。与えられた標準は、使用可能な条件および慣習を考慮して、屋内の技術システムの状態を考慮することと同様に、公共的サービスの消費において固定されている。稼動的な条件は、それらは少なくとも2週間以内になされ観測にもとづいて固定される（少なくとも、快適さの同じタイプを有する30の建物において）。稼動的標準は、市および地区の政府によって検討されおよび認証される。

生産者、供給者、消費者の間において、料金と相互の居住を固定するための基礎として活用される。イルクーツク州のためのこれらの標準は、表iii-6-6, 7において与えられる。イルクーツク州において、水の消費はロシアにおける平均消費に対応し、1日あたり350L/人に達する。水の消費を記録する必要性に関する、州および連邦の条例が、最近公表された。稼動に関する教育についても変更事項がある。これらの教育は、生産者と消費者のあいだの決算は、水消費および熱消費の記録装置の指示計器にもとづいてなされるべきであることを記載している。もし水消費の記録計器が使用可能でないならば、水消費はカピタにつき250L/日という標準をもちいて計算されるべきである。シェレクホフ、アンガルスク、ウストーイリムスク、ブラーツクのような都市の水供給システムは、水消費の記録計器が設備されている。州のほかの都市および居住地は、この方向で作業を開始した。

共同体の消費の解析は、イルクーツク市において提供される。熱、水、電力の消費の標準は、市の人口に対して平均の指標である。これらのサービスの生産者、販売者、再販売者、消費者の間において、すべての財政的相互決算のための基礎として活用される。これらの標準は、5年に1回の割合で、規則として再考慮される。同時に、実際の消費はしばしばこれらの標準と異なる。消費の特徴と文化、エンジニアリングシステムの技術的状态と水分離防護設備、電気と居住設備に依存する。

既存の定額制と固定を別にして、供給および公的消費サービスによる料金はエネルギー源の節約を刺激しない。他の国とは対照的に、それはロシアにおける高い水消費の結果となる。同時に、冷水の価格は相対的に低く保たれる（表III-6-9）。

水チャネル、イルクーツクエネルギー、イルクーツク熱エネルギー、エネルギーコントロールのデータは、イルクーツク市のハウジングと公的機関は、約電力の27%、熱の50%、水道水の50%以上を消費していることを示す。これら機関の排水の割合は、排水システムの約60%である。水供給および水ディスチャージシステムにおいて、記録計

器は水消費者のサイドに設置される。工業において消費される水の98%以上のうち、ハウジングにおける水消費の5%のみが現在測定されている。イルクーツクにおける公的サービスの消費の解析は、以下を示す。

1. イルクーツクにおけるパワー消費は標準に対応する。
2. 実際の暖房に対する熱消費は1ヶ月につきキャピタあたり0.55 Gcalに達する。
3. 実際の水消費は1日あたり150 L/人に達する。
4. 温水の消費は95 L/人に達する。

実験期間中に得られたデータは、以下の標準において方向付けられることを示す。冷水について、150 L/人/日である。温水について、80 L/人/日である。電力消費と熱消費のための標準は比較的安定しており、既存の実行を確固たるものにする。

表Ⅲ－６－１ 地区別の水ポテンシャルとその分布

Administrative district	Private water potential					
	For water supply, Millionm ³ /year			Hydroelectric power, Billion kw.h/year		
	potential	technical	Real used	potential	technical	Real used
1	2	3	4	5	6	7
Angarsk	69110	9760	286.1	1.4	0.8	-
Balagansk	74230	10150	0.4	3.1	3.1	3.06
Bodaibo	133900	5340	18.4	40.2	16.3	0.36
Bratsk	92640	11300	299.1	15	15	14.97
Zhigalovo	8110	246	0.3	1.9	-	-
Zalari	7700	142	2.1	3	-	-
Zima	7470	217	30	2.5	-	-
Irkutsk	71250	9900	193.8	6.1	5.9	3.83
Kazachinsk-Lensk	13800	1130	2.3	13.2	1.8	-
Katanga	17900	66	-	4.1	-	-
Kachug	5130	170	1.5	2.6	-	-
Kirensk	46900	3780	1.6	11.5	1.3	-
Kuitun	13740	450	1.2	3.2	2.3	1.54
Mamsko-Chuisk	109900	4720	11.1	18.6	-	-
Nizhneilimsk	95100	9620	30.9	1	0.9	0.87
Nizhneudinsk	14900	236	3.9	12.3	1	-
Ol'khon	60850	9450	0.3	-	-	-
Slyudyanka	66200	9490	46.5	2.8	1.5	0.27
Taishet	14900	567	18.4	8.9	1.1	-
Tulun	10100	123	17.6	3.1	-	-
Usol'e	73400	9970	143.2	3.5	1.3	0.68
Ust-Ilimsk	105600	10310	192.4	22.2	21.9	15.5
Ust-Kut	11500	331	6.9	3.6	1	-
Ust-Uda	76430	10280	0.8	4	3.7	3.69
Cheremkhovo	74080	9970	26.1	5.4	1.2	0.8
Chuna	8340	217	3.8	3	0.5	-
Shelekhov	4410	167	13	1.6	0.7	-

Table 6.1 continued

1	2	3	4	5	6	7
Ust-Orda Buryat Autonomous Okrug	73100	10010	5.9	3.2	3.2	3.2
Alar	72400	9970	1.1	0.4	0.4	0.37
Bayandai	690	4.8	1	-	-	-
Bokhan	72600	9970	1.1	1.8	1.8	1.84
Nukuty	72900	9990	1	0.7	0.7	0.74
Osa	72750	9980	0.3	0.3	0.3	0.25
Ekhirit-Bulagarsk	540	1	1			
Total in the Region	310000	15360	1350	201.3	84.3	48.76

表Ⅲ－６－２ イルクーツク州における水使用の特徴

Character of water use	Amount of persons, thousand	%
Centralized water pipe	1848.4	69.1
Usage from wells and holes	505.8	18.9
Usage by brought water	196.4	7.3
Usage by water from open water reservoirs (without special preparation) supplied by basket or pumps	123.4	4.7
TOTAL	2674.0	100

表Ⅲ－６－３ イルクーツク州における水消費の特徴

Type of living	Population, thousand persons	Water consumption, thousand m ³ /day	Specific water consumption, l/person per day
In cities and settlements of the urban type	2098	724.401	345
In other settlements	576	141.172	245

表Ⅲ－６－４ イルクーツク州の大都市における水消費

City	Population			Standards, l/person per day			Real satisfaction of needs in cold water per day l/person	
	Total	Living in flats with all amenities		Cold water	Hot water	Sewage	Total	including flats with all amenities
	Thousand persons		%					
Irkutsk	587	487.3	83.0	250	105	350	296	355
Angarsk	267.3	259.3	97.0	230	140	365	359	366
Bratsk	282	274.2	97.2	200	150	345	340	350
Ust-Ilimsk	110	106.7	97.0	180	120	295	291	300
Baikalsk	17.3	16.1	93.1	180	120	295	279	300
Bodaibo	18.9	14.2	75.1	111	74	180	139	185
Zima	36.2	18.1	50.0	180	120	295	150	300
Nizhneudinsk	43.4	22.6	52.1	145	105	245	130	250
Sayansk	47.6	47.6	100	185	155	335	340	340
Tulun	53.4	19.2	36.0	111	74	180	67	185
Taishet	41.1	19.3	47.0	111	74	180	87	185
Usoľ'e-Sibirskoe	104.6	93.1	89.0	242	120	360	322	362
Ust-Kut	61.4	38.1	62.1	140	105	240	152	245
Cheremkhovo	69.4	32.6	47.0	164	108	270	128	272
Shelekhov	52.7	48.0	91.1	180	120	295	273	300

表Ⅲ－６－５ 地方における水消費

District	Population, Thousand persons	Water consumption thousand m ³ /day	Specific water consumption, l/person a day	
			standard	Real
Angarsk	2.8	0.52	45	185
Balagasnk	6.7	0.49	20	73
Bodaibo*	3.6			
Bratsk*	51.5	4.64	40	90
Zhigalovo*	5.7	0.60	30	105
Zalari	19.0	1.70	25	89
Zima	15.8	2.46	50	155
Irkutsk	40.4	4.26	30	105
Kazachinsk-Lensk*	10.6	0.61	30	57
Katanga*	6.1			
Kachug	14.9	1.80	40	120
Kirensk*	9.6	0.72	30	75
Kuitun	31.4	1.90	25	60
Mamsko-Chuisk*	0.2			
Nizhneilimsk*	16.7	2.38	65	142
Nizhneudinsk	25.2	2.42	30	96
Ol'khon	8.0	0.70	30	87
Slyudyanka	2.7			
Taishet	22.8	1.86	30	81
Tulun	31.7	2.92	35	92
Usol'e-	20.5	5.97	60	291
Ust-Ilimsk*	17.4	1.55	40	89
Ust-Kut*	11.0	0.71	30	64
Ust-Uda	13.3	1.18	25	88
Cheremkhovo	26.7	2.46	30	64
Chuna	15.3	0.98	30	64
Shelekhov	4.4	0.30	35	68

注：* 北部地区

表Ⅲ－６－６ 水消費の構造

Article of consumption	Value, %
Washing the lavatory pans	45
Washing of baths	30
Washing of dishes	4
Cleaning of flats	3
Cooking	5
Laundering	13
Total	100

注：全損失の95%は選択から発生する。

表Ⅲ－６－７ 家庭における水消費の標準

Water consumer	Standard of water consumption per 1 person	
	l/day	l/day
Houses with water pipelines and sewage system without a bath	120	6.35
□ The same with gas supply	150	7
Houses with water pipelines, sewage system and a bath:		
□ with water heater working on the solid fuel	180	8.1
□ with gas water heaters	225	10.5
□ with fast-operating gas water heaters and with multi-point water separation	250	13
Houses with central hot water supply, wash-stands, washing machines and showers	230	12.5
Water supply from water-separation columns without inputs in houses	40	-

表Ⅲ－６－８ 料金別の電力消費の標準（１人，１月あたり）

(Financial-Economic Committee, April, 1997)

Type of houses and flats	Family composition, persons			
	1	2	3	4 and over
With gas stoves	50	40	35	30
With fire stoves	65	55	50	45
With electric stoves	100	70	60	50

表Ⅲ－６－９ 飲料水消費と料金の比較（ロシアと外国）

Country	Specific water consumption, m ³ /person per day	Cost of the drinking water, US \$ for 1 m ³
Russia	0.410	0.10
Hungary	0.3	0.75
USA	0.19	2.1
Holland	0.158	1.1
Denmark	0.134	3.4
Germany	0.13	2

表Ⅲ－６－１０ イルクーツク市における公的サービスの容量

Title	Electric power, million kw.h	Heat, Thousand Gcal	Water, thousand m ³	Sewage, Thousand m ³
Total for the city	5500 100 %	11100 100 %	156357 100 %	125198 100 %
Housing	670	3883	65767	63414
Public sector	830	1622	16013	12140
TOTAL	1500 27.3 %	5505 49.6 %	81780 52.3 %	75554 59.5 %

表Ⅲ－６－１１ イルクーツク市における公的サービスの消費

Index	Standard	Actual
Electric power, kw.h per month per person	80	83
Heating, Gcal per m ² per month	0.027	0.034
Hot water, l/day per person	105	180
Cold water, l/day per person	250	318
Sewage, l/day per person	350	610

Ⅲ－7 料金政策

1. 固定した料金の現行スキーム

ロシアのほかの地域と同様に、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。JSC イルクーツクエネルギーの州内料金システムは、州エネルギー委員会によって認証されている。料金のシステムは、JSC イルクーツクエネルギーの熱源によって供給される熱の消費者に適用される。これは、再販売者と通じて分配された熱についても含む。

料金は、消費者のカテゴリによって区別される。工業プラントの会計において、住民、農業産業、予算上の機関に対して特典が与えられる。消費者のカテゴリに対して承認された料金は、源と JSC イルクーツクエネルギーのプラントが使用可能である州内のすべての地域に同一である。

共同体の料金システムは、イルクーツク州の市および地区の政府によって認証される。この料金システムは、熱の消費者に適用される。熱は、共同体の熱源と工業的なボイラーハウスによって供給される。

消費者の料金は、与えられた源に対する平均的料金に対応する。名義上の消費者の特典的なグループは、予算から補助金を与えられる。しかしながら、実際は、可燃物の分配あるいは支払い方式を通じて、補助金は熱エネルギーの供給者に与えられる。料金の2つのシステムは、屋内暖房システムと温水供給施設を維持するための費用を含まない。それらは、地方財政予算から返済される。地方の料金は全州内に対して均一であり、地方の特性を考慮しない。共同体の料金は、ある居住地の枠内での分離したシステムに対してさえも、それぞれの居住地に対して独立している。

料金を区別する基本的な考え方は、以下のとおりである。縁辺部の消費者に対する料金が、最初に決定される。それ以外の消費者は、省エネルギー企業による必要不可欠な利益を受け取るために、価格をまかなうためにより高い料金を与えられる。JSC イルクーツクエネルギーの地方料金は、州エネルギー委員会によって固定される。ロシアの法律に従って、それらは1年に1回変更される。共同体的およびその他の企業に対する共同体（都市）の料金は、市（地区）の当局によって固定される。それらは、また1年に1回調整される。省エネルギー企業のための料金が承認された後、当局は、住民用、暖房用、温水用、冷水用の最終的な料金を固定する。それらは、当局の当事者によって適用が決定される。

2. 電気、熱エネルギー、冷水の料金

1998年～2002年における、電力および熱エネルギーの平均料金は、図Ⅲ－7－1、2において与えられる。それは、その他のパワーシステムの料金と比較される。

料金の解析は、以下のことを指示する。

料金の上昇は本質的に鈍化させられた。1990年代中頃において、料金は1年のう

ち何回かにおいて上昇した(消費者の異なるカテゴリーに対する2から14回まで)。1997年について、上昇は1.07から1.45回まで達した。1998年から2000年にかけて、料金は上昇しなかった。工業的消費者に対して11%、むしろ低下した。

料金の相対的な割合において、消費者の異なるカテゴリーに対する、平均料金のレベリングと近似化に関して注目すべき変化が生じた。したがって、1995年の末までに、ハウジング企業に対する料金は、平均料金の0.32に達した。一方、工業的消費者のグループに対する料金は、1.38に上昇し、平均料金よりも38%高かった。1997年の末までに、これらの値は0.62と1.27を構成した。1999年に、それらは0.69と1.26に達した。2002年に、ハウジング企業に対する料金は平均的レベルに成長した。一方、工業的企業に対する料金は低下した。

教育機関や研究所、科学のおよび設計企業に対して、料金は平均の料金に近似し、平均料金の102%まで達した。最低の料金は、農業的消費者、ハウス建物、ガレージ建設共同体に対していまだ保たれている。これらの料金は、1995年末における平均料金の3分の1に比べると、平均料金の半分よりも、多少とも高い。

JSC イルクーツクエネルゴは、ロシアの電力に対して、最低の平均料金を有している。同時に、熱エネルギーに対するJSC イルクーツクエネルゴの平均料金は、ロシア連邦の最低コストに比較して56%高い。JSC クバンエネルゴのシステムにおいて見出される料金である。

消費者のグループに対して、JSC イルクーツクエネルゴによって供給された電力料金の推移は、表Ⅲ-7-1にリストアップされている。これらの料金は、イルクーツク州全体に対する、集中化された電力供給に対して、確定している。JSC イルクーツクエネルゴの源から分配された、熱エネルギーに対する料金は、表Ⅲ-7-2において与えられる。それらはまた、異なる消費者のグループおよび、熱媒体のタイプ(異なるパラメータの温水、蒸気)に対して、与えられる。その他のオフィスの源からの熱エネルギーに対する料金は、顕著に異なる。

それらは、地方当局によって承認される。燃料供給の困難な状況にある、遠隔の北部地域に対してそれらは1,000ルーブル/Gcalを超えることが可能である。1人の1ヶ月あたりに対する消費の標準と温水料金は、表Ⅲ-7-3によって与えられる。

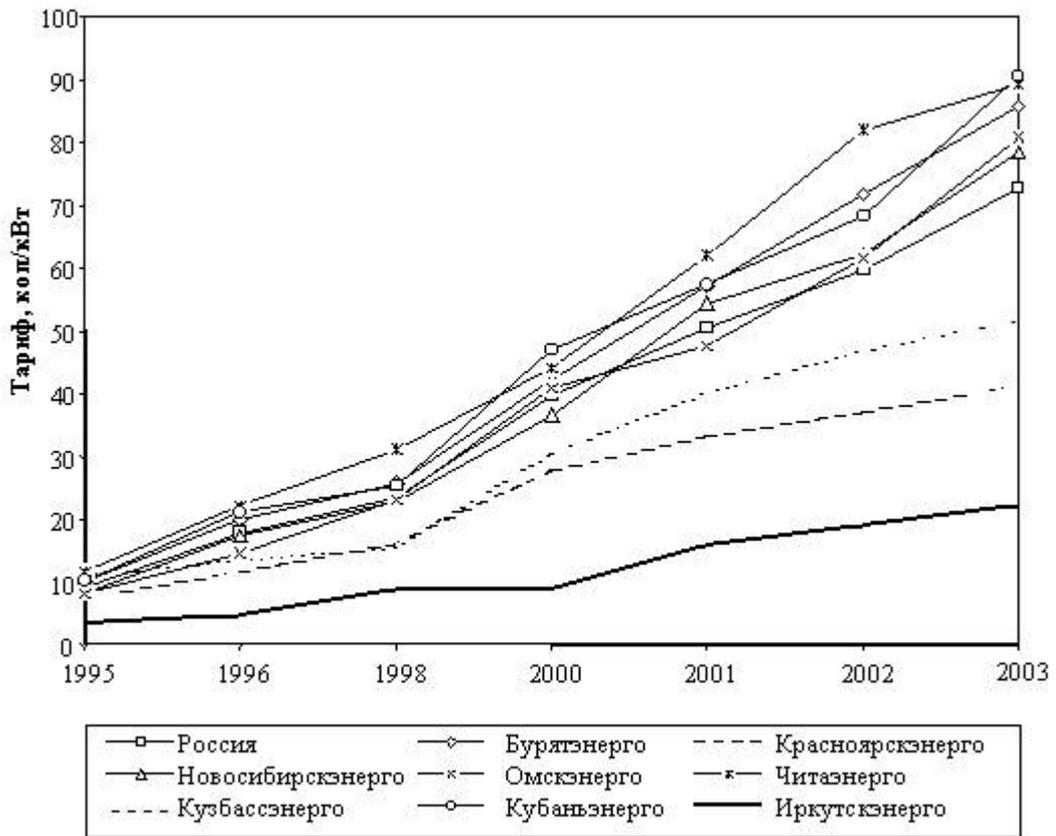
支払い方法あるいは、そのサービスによって、料金は2種類に対して与えられる。最初の1つは、以下の方式に対応する。

90%は人口によって支払われる。10%は市の予算から補助される。このような状態は、現在確立している。2番目の代替物は、住民による温水のための支払いを100%賄うことに対応する。

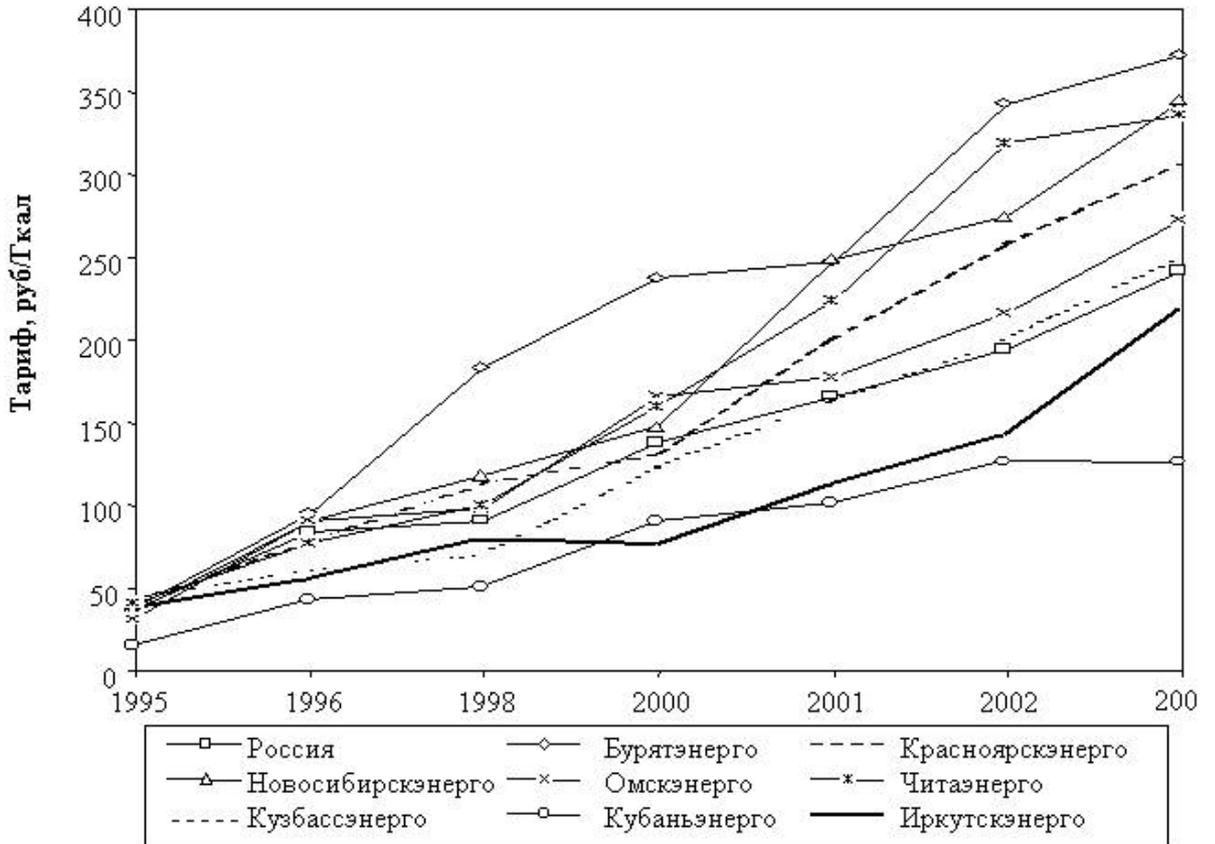
イルクーツク市における、冷水の消費とそのコストの標準は、表Ⅲ-7-4において与えられる。消費者の異なるカテゴリーに対して、標準は異なる。温水に対すると同様、これらの標準は、州の異なる市および地区に対して、著しく異なる標準

と料金は、市および地区の当局によって承認される。および地域の特殊な特徴を反映する。

2000年および2003年における、イルクーツク州の市に対する、冷水の料金は、表Ⅲ-7-5において与えられる。2004年の第1四半期において、水の料金は、まだ2003年のレベルに保たれる。過去3年間（2000年～2003年）に対して、それらは2～3倍に増加した。表Ⅲ-7-7は、快適さのタイプに依存する、居住家屋に対する排水（排水システム）の料金を与える。これらの料金は、市および居住地の地方当局によって、また認証される。



図Ⅲ-7-1 JSCイルクーツクエネルゴの平均電力料金



図Ⅲ-7-2 JSCイルクーツクエネルゴの平均電力料金の推移

表Ⅲ－７－１ 異なる消費者に対する電力料金の推移

Consumers	2001	2002	2003	2004
Industrial consumers and consumers equated to them with the connected power of 750 kw and higher, kopecks/kw.h	17.27	20.32	22.37	25.32
Charge for 1 kw of the maximum load per month, rouble/kw	57.67	65	79.40	60
Charge for 1 kw of consumed energy, kopecks/kw.h	9	11	11.00	17.14
Industrial consumers and consumers equated to them with the connected power of up 750 kw, kopecks/kw.h	17	20	22.40	25.32
Electrified city transport, kopecks/kw.h	17	20	22.40	25.32
Non-commercial consumers, kopecks/kw.h	17	20	22.40	25.32
Manufacturing agricultural consumers, kopecks/kw.h	16.75	19.78	22.40	25.32
Urban population (without Value Added Tax), kopecks/kw.h	10	15	22.40	25.32
Rural population (without Value Added Tax), kopecks/kw.h	4.96	7.92	15.00	17.92

表Ⅲ－７－２ 熱エネルギー料金の推移

Index	2001	2002	2003	2004
Average tariff	147.43	218.1	225.7	250.67
Population (hot water)	89.5	134.4	216.0	234.0
Budgetary consumers (hot water)	89.5	112.0	180.0	234.0
Industry (hot water)	138.19	173.35	260.5	276.96
Steam from 1.2 to 2.5 kgs,sm ²	124.36	156.02	234.42	249.23
Steam from 2.5 to 7 kgs/cm ²	132.34	166.01	249.4	277.7
Steam from 7 to 13 kgs/cm ²	138.19	173.35	260.5	283.42
Steam over 13 kgs/cm ²	144.18	180.87	271.78	293.41
Direct and reduced steam	156.07	195.78	294.2	293.41

表Ⅲ－７－３ イルクーツク市における温水消費と料金の標準

Title	Standard of consumption, l/day per person	Tariff, rouble/person a month		Tariff, rouble/person a month	
		2003		2004	
		90%	100%	90%	100%
Dwelling houses, Equipped with:					
Baths of 1500-1700 mm long	120	65.40	72.66	76.06	84.50
Sitting baths and showers	110	59.94	66.60	69.72	77.48
Wash-stands, sinks, showers	100	54.50	60.56	63.38	70.42
Wash-stands, sinks without a shower	40	21.80	24.22	25.34	28.16
Hostels, equipped with:					
Common showers	60	32.70	36.32	38.02	42.26
Showers in each room	70	38.14	42.38	44.36	49.30
Kitchens and showers in each section	90	49.04	54.48	57.04	63.38

表Ⅲ－７－４ イルクーツク市における冷水消費と料金の標準

Index	Standard of consumption, l/day per person	Tariff rouble/person per month	
		2003	2004
Centralized hot water supply, sewerage, showers, baths of 1500-1700 mm long	250	17.42	21.52
Water pipe, sewerage, without baths and hot water supply	120	8.36	10.34
Water pipe, sewerage without baths and hot water supply but with gas supply	150	10.46	12.90
Water pipe, sewerage and baths with water heaters, working on solid fuel	180	12.54	15.52
Water pipe, sewerage and baths with gas heaters	225	15.68	19.36
Water pipe, sewerage with fast gas heaters and multi-point water separation	250	17.42	21.52
Water pipe, equipped with wash-stands, sinks without centralized sewerage	50	3.48	4.30
Centralized hot water supply, equipped with wash-stands, sinks, showers	230	16.02	19.82
Centralized hot water supply, sitting baths, equipped with showers	240	16.72	20.68
Centralized hot water supply, equipped with wash-stands and sinks	120	8.36	10.34
Street water fountain	25	1.74	2.16

表Ⅲ－７－５ イルクーツク市の都市における冷水料金

City	Cost of 1 tn	2003 *
1. Angarsk	1.12	2.66
2. Irkutsk	1.16	4.08
3. Bratsk	2.55	4.20
4. Ust-Ilimsk	1.50	2.90
5. Zima	2.45	4.24
6. Shelekhov	1.94	4.31
7. Usol'e-Sibirskoe	1.33	3.48
8. Cheremkhovo	4.58	7.49
9. Zheleznogorsk	2.72	5.72
10. Sayansk	2.37	5.64
Average	1.68	3.91

※ 2004年度の1四半期の料金は、2003年度と同一である。

表Ⅲ－７－６ アパートメントタイプの住居からの排水料金

Index	Tariff rouble/person a month	
	2003	2004
Centralized hot water supply, sewerage, showers, baths of 1500-1700 mm long	31.32	41.48
Water pipe, sewerage, without baths and hot water supply	10.0	13.26
Water pipe, sewerage without baths and hot water supply but with gas supply	12.62	16.70
Water pipe, sewerage and baths with water heaters, working on solid fuel	15.24	20.16
Water pipe, sewerage and baths with gas heaters	19.14	25.34
Water pipe, sewerage with fast gas heaters and multi-point water separation	21.32	28.22
Centralized hot water supply, equipped with wash-stands, sinks, showers	27.94	36.98
Centralized hot water supply, sitting baths, equipped with showers	29.64	39.24
Centralized hot water supply, equipped with wash-stands and sinks	13.34	17.66
Hostels, equipped with:		
Common showers	13.28	17.58
Showers in each room	15.84	20.98
Kitchens and showers in each section	20.98	27.80

Ⅲ－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。孤立した消費者に対する使用可能な電力供給システム（電力グリッド）は、最低の技術的－経済的指標によって異なり、要求された質と信頼性を提供していない。遠隔地は輸送主要ラインから遠く離れており、燃料配送の複雑化した方式を有する。エネルギー供給を発展させることを目的とした地域的計画の主要な対象である。

電力と燃料の供給の問題は、イルクーツク州の北部地域（カタンガ、ウストークト、キレンク、ボダイボ、マムスコージュイスク行政区）およびトファラリヤ（ニツネウディンスク区）において最も深刻である。これは主として地域の遠隔性と厳しい交通事情によって条件化されている。独立したディーゼル発電所からの集中化していない電力供給の比重は、これらの地区において高い。主要輸送ラインは、十分に発達していない、場合によっては全く使用不可能である。古いあるいは疲弊した独立した源は、不十分な技術的状态、低い経済性、および不十分な信頼性を有する。この状況で稼働している。

しかしながら、大規模な現代の源および強力な電力ラインのネットワークを有する州の地域の中にも、集中化された電力供給を享受できない相当数の消費者が存在する。集中化していない電力供給を有する地域の基本的な指標は、表Ⅲ－８－１に記入されている。

1. 電力供給

イルクーツク州において集中化されていない電力供給の地域に位置する消費者は、多数の独立したディーゼル電力発電所（DPS）から電力を供給されている。それらは主として小規模（30～60 kW の単位発電のディーゼル発電機）、あるいは古く疲弊している。電力を供給するために燃料の特殊な消費を伴い、400 から 680 gr までに变化する従来型の燃料/kW・h である（効率は30～18 %に相当する）。ディーゼル発電所の一部は、緊急状態にある。

州における問題的なアクセスできない地域における、集中化されていない電力消費の割合は、表Ⅲ－８－２において与えられる。順調な作動と質の見地からすると、集中化された電力の配給のネットワークに含まれることは、小規模な消費者に電力を供給するためにもっとも信頼性のある方法の1つである。経済的な推定の見地から、小規模消費者（約1～3 MW のロードを伴う）への電力供給の信頼性は実現可能である。集中化された電力供給が使用可能でない地域において、彼らは遠方にいるため、あるいはアクセスが厳しい（カタンガ、トファラリヤ）ため、集中化された電力供給に含まれることは、将来においてさえ考えられない。

ウストークトとキレンスク区はイルクーツク電力グリッドに含まれているにもか

かわらず、集中化された電力供給はここでも、地区中心部とより発達していて鉄道に近接した地域の消費者のみをカバーする。ウストークト地区において、集中化されていない電力パワー供給の地帯は16の居住地を含む(地区におけるトータル電力消費の4%)。キレンク地区において、それは20の居住地を含む(電力消費の19%)。ママーボディアボ工業地域は、電力グリッドに含まれる。

しかしながら、マムスコークチェイスクとボダイボ行政地区において、まだ多数の孤立した居住地が存在する。その負荷は、対応的に地区における公的一ハウジングの負荷の2および8%に達する。強力でないディーゼルと可動的ガスタービン装置は20~30%の効率を有し、ここで使用されている。カタンガ地区は、電力グリッドから完全に孤立している。このように、電力に対する必要性は、強力でない小規模な低効率のディーゼル発電所によって供給される。総発電は約5 MWをとめない、10 millions kWhの電力を生産する。

氷の障壁によって工業的に発達した地域から孤立した居住地は、いわゆるザモレと呼ばれている。アンガラ川とオカ川の河間地域において、ブラーツク人工貯水池から南方のブラーツク地区に位置する。約4,000人の人々がこの居住地に住んでおり、ここは集中化された電力供給によってカバーされていない。約4,000,000kWhの電力を生産する、トータル電力5.2 MWのDPSが、ここで稼動中である。

ニツネウヂンスク地区において、約1,100人に達する、トフス民族の居住地がある。ここは、地区の中心部からの冬季道路の自動車を除いて、州の発達した地域にともなう輸送機関を有していない。電力は、総発電量260 kWのディーゼル発電所から、これらの居住地に供給される。

バイカル湖岸地域の居住地の主要な部分は、イルクーツク電力グリッドから電力を受け取る。オルホン地域は、集中化されていない電力供給の地帯に完全に含まれる。110kWのバヤンダイーエァンツィ電力ラインは、35 kWの電圧に対して働らき、容量の相当な予備を有する。3,200人(オルホン島のほぼ半分)が居住地の残りに住んでいる。

このような小規模な孤立した消費者に対する計算された総電力負荷は、約700 kWを構成する。独立した低出力の電源による発電価格は、電力グリッドにおいて高く(5ルーブル/kWh)、1オーダーの強度である。これは低い技術的狀態に起因し、ディーゼル燃料の価格と輸送コストによって上昇する。

遠隔の居住地において、電力供給は不安定である。電力は夜間において空いた状態であるのみならず、昼間においても同様である。したがって、住人は冷蔵庫、電話、その他の生活備品を使用する機会を持たない。

2. 熱供給

イルクーツク州の孤立した消費者に対する熱供給の問題は、主として小規模な非

強力なボイラーハウス、質が低下した設備、製造設備の不足等と結びついている。それは集中化された熱供給、遠隔地性、弱い輸送ネットワークの発達を刺激する。地方自治体の建物（幼稚園と学校、病院と事務所建物）の熱供給源は、ボイラーハウスを含む。一方で、このような源は、燃料として木材を含む家庭用ストーブを含む。このようなボイラーハウスに関する熱エネルギーを生産するための価格は、600～800 ルブル/Gcal の範囲にある。

イルクーツク炭田の石炭、重油、木材が燃料として使用される。州の北部地域の燃料供給は、ディーゼル燃料、炉用重油、石炭の輸入によって、現在基本的に供給される。上記の燃料をもたらす方式はかなり複雑である。それはコスト指標、異なる居住地においてかなりの変化をもたらす。地域は実際上、石炭、PEAT、可燃性頁岩等の自然資源を有さない。チェレムコヴォ石炭濃縮は総計 250,000 トンが、これらの地域に供給される。木材は、地方において燃料資源として広く使用される。石油とガス残留物は、それらの産地においてだけ、限られた量が使用される。

現在、遠隔の孤立した消費者に液体を供給する問題は、より複雑化してきた。それらの電力供給は、主として液体燃料にもとづく。それは消費者の低い支払い能力、石油の価格における増大、輸送コストの成長によって条件化される。したがって、カタンガ地区において、DPS に対するディーゼル燃料の総供給量は 3,000 トン以上に達する。

孤立した消費者の多くは分散的で、州の北部に位置する。地区の当局は、財政的手法および燃料を運ぶための施設を有しない。相当の地方予算からの相当の補助金は、これらの目的に割り当てられる。分配された燃料の量の削減は、その出荷の依存性を弱めるのみならず、いわゆる“北部分配”とよばれる、年間予算補助をまた減少させる北部地域および州のアクセス困難な地域への電力と燃料供給の問題を解析するにあたり、以下の地域は、詳細な考察のために選択された。

カタンガ地区は、州内の経済的に発達した地域から、最も孤立して遠隔の地区であり、最も厳しい気象条件に位置する。

トファアリヤはエスノスの居住地域であり、孤立した輸送手段による到達が困難である。

バイカル湖の中央部とオルホン島は、集中化された電力供給によってカバーされていない。特殊な自然保護、および小規模な分散的消費者による利用必要としている地域である。

ブラーツク地区（ザモル）は、集中化された電力供給によって完全にカバーされていない、燃料を供給するために複雑化した輸送手段を有する地域である。

ウストークト地区は、アクセス困難な孤立した消費者を有し、燃料を輸送するための複雑化した輸送スキームをとらなう。これらの消費者は、レナ川の上流域に位置する。

3. 燃料供給

孤立した消費者への電力分配の基本的問題は、長距離の燃料輸送、および季節的分配の限られた時間間隔と結びついた燃料出荷の依存性である。問題的な地区および州内のアクセス困難な地域の主要居住地への燃料分配のスキームは、表Ⅲ-8-3に示される。イルクーツク産地のディーゼル燃料および石炭は、レナ駅（ウストークト市）への鉄道によって北部地域に、さらにレナ川にそった消費者までに供給される。

4. ウストークト地区

孤立した居住地への分配出荷するための重要な障害は、高水の期間のみに到達可能な、浅い水のため航海が限定されていることである。この地域は、ウストークト地区のレナ川の上流域に位置し、ウストークト市から75~160 kmの距離にある。低水（6月中旬~8月まで）における河川の深度は、10~15 cmに減少し、この期間は航海が停止される。

住民は居住地の間を結ぶため、河川に氷の冬季道路を作る。このような道路をつくるために、氷の厚さは40~50 cmよりも厚いことが必要である。このような氷の厚さは、12月下旬~3月までしか使用可能である。氷の冬季道路は、雪漂流と厳しい凍結のために到達が困難であるという特徴を持つ。

5. カタンガ地区

カタンガ地区は、ニツェンヤヤ ツングスカ川の盆地に位置する。現在、物資はウストークト市から冬季道路によって供給される。通年使用できる自動車道路は、ヤラクチスンク油田まで道路の主要部分にわたって使用可能である。カタンガ地区にとって、通年の自動車道路は鍵となる高価なものである。それはニツェンヤヤ ツングスカ川に沿う航海を困難にし、それは非常にコスト高でかつ危険である。

既存の産業は、大規模な居住地において（500人を超える人口を有する）発達し、集中する。エルボガチェン、ナデツヂンスク、プレオブラツェンカ、ポドヴォロシノ、ネパである。残りの居住地において、住民は大部分が狩猟に従事する。

地域の総電力消費は10million kWhである。6 million kWhは、ハウジンゲー共同社会のセクターによって消費される。工業的電力消費は、地域のトータル消費の約40%を構成する。

6. トファラリア

トファラリア居住地は、小規模な北部少数民族が住んでいる地域である。燃料はニツネウヂンスク市への鉄道によって供給される。そこから冬季道路（320~360 km）を使用して分配される。トファラリアへの通年の自動車道路の建設は、出荷の信頼

性の向上のみでなく、旅行者の交通のためにも重要である。飛行機料金の上昇のために、出荷はほとんど停止される。

トファラリヤにおける総電力消費は、1.2million kWh である。共同体の居住セクターは、約0.9 million kWh の電力を消費する。0.3 million kWh は経済的必要性のもとに消費される。

エスノスの生活様式を保存するために、地域の経済的発展は予測されない。したがって、この関係において電力消費は顕著に増加しない。主要な目的は、合理的な生活条件、狩猟者とトナカイ-飼育者の固定的な居住地の電力供給の、質の向上と信頼性を創造するためである。

7. オルホン地区

地域の総電力消費は、6 million kWh である。電力消費の推定値は、共同体一居住セクターによって、2 million kWh と評価される。その半分はオルホン島において消費される。

地域の伝統的経済的な活動は、森林における漁業、農業を含む。マロモルスキー魚工場の必要電力は、0.5 million kWh である。農業とその他の割合は、約 3.5 million kWh と推定される。1.6 million kWh は島のためと推定される。

出荷は、鉄道駅の交点から自動車と水運によって、バイカル湖の沿岸地域に供給される。考察されている地域における主要道路網は、あまり発達していない。主として、地方的に重要な大地の道路と自動車冬季道路を含む

8. ザモレ

ブラーツク地区の居住地は、夏季において水運で、オカ川を横切る連絡船を通る自動車運輸で到達される。オカ川は、ボルシェオキンスコエ居住地の近接地域において1,200 m 幅である。一方、冬季において、それらは氷によって到達され、住民は居住地の間でトラックを使用する。これはブラーツク人工貯水池における最も幅が狭い場所であり、96 m の深さを有する。貯水池が氷で覆われる時、ザモレ地区は外の世界から完全に切り離される。現在、航空便は実現されていない。

消費される熱と電力のための使用可能なコストは、電力供給のための地方当局によってなされる高価を正当化しない。住民のためとして、それらはコストよりも相当に低いとして認められる。2000年のデータは次のことを示す。もしコスト価格が5ルーブル/kWh よりも多いならば、住民のための電力のための支払いは、約1ルーブル/kWh になること、検討されている地域の孤立した居住地の大部分は、住民の数が100人以下の小規模な居住地である。

集中化された電力供給によって覆われていない居住地のパターンの解析は、次のことを示す。78の村落のうち51は、居住地および都市タイプの居住地（すなわち

55 %) で、100 人以下の人口を有する。それらの計算された共同体一住居の電気負荷は 50 kW に達する。住民の主要な部分は、12 の居住地に住んでおり、500 人以上の住民が住む。その電気負荷は 500 kW を超える。残りの部分は、住民の数が 100～500 人までの居住地を含む。このような居住地の電気負荷は、数 100 kW と計算される。

工業的電気負荷は、500 人を超える住民の数を伴う居住地において、原則として存在する。まれな例外をとまなうが、30～40 %の総負荷に達する。工業的負荷の本質的な割合は、低出力に起因するのみならず、低い共同体一居住負荷にも起因する。それは、居住地の不十分で不安定な電力供給と連結する。

このような状態は、生活様式に近代技術を適用することを妨げる。料理、パワフルな洗濯機、冷蔵庫やエアコンのような一日の作業の生活適用への電力の使用である。孤立した消費者は、実際に、製造に必要な熱負荷を有しない。

居住地における構造の解析は、孤立した地域において地域全体にわたる居住地の分散および電力消費の低密度は次のことを示す。低出力のエネルギー源は、孤立した消費者にエネルギーを供給することを要求される。

表Ⅲ－８－１ イルクーツク州における集中化されていない電力供給

Indices	Zone of centralized electric power supply	Zone of decentralized electric power supply
Area, thousand sq. km	768	380
Population, thousand persons	2700	22
Number of Diesel Electric Power Stations, pieces (DPS)		110
Total power of DPS, Mw		40
Need in diesel fuel, thousand tons		37
Cost of the diesel fuel, thousand roubles/t	7-10	13-20
Tariff for the electric power for the population, roubles/kw·h	0,18-0,25	1-1,5

表Ⅲ－８－２ イルクーツク州における集中化されていない電力消費

Districts (areas)	Population by 1.01.2001, Thousand persons	Decentralized consumers		
		population, thousand persons	Electric power consumption by housing-communal sector,	
			Million kw·h	% of the district
Ust-Kut	72,2	3,7	3,4	4
Kirensk	27,3	3,3	6,2	19
Katanga	6,1	5,1	7,3	100
Mamsko-Chuisk	12,7	0,2	0,3	2
Bodiabo	32,2	0,2	3,1	8
Zamor'e (Bratsk district)	0,4	0,4	5	100
Tofalariya (Nizhneudinsk district)	1,2	1,2	0,9	100
Ol'khon	45	3,2	3	10
Total	499	21	25,2	
Share from the Region, %	19			

表Ⅲ－８－３ イルクーツク州のアクセス困難地域への燃料配給のスキーム

Settlements, Areas	Means of transportation, distance (km)	
	coal	Diesel fuel
Ust-Kut district	Railway(1230*)	railway(1350**) + riverine (75-160)
Katanga district		railway (1350) + winter motor road (600-830)
Tofalariya (Nizhneudinsk district)		railway (500) + winter motor road (320-360)
Ol'khon district		Motor (360)
Zamor'e (Bratsk district)		railway (900) +riverine (30-150)

*) チェレムコヴォ市からの配給

**) アンガラアスク市からの配給

表Ⅲ－8－4 孤立した居住地人口の構造

Districts	Population by 01.01.2001, persons	Number of settlements total, pieces	Settlements														
			With the population < 100 человек			With the population from 100 to 500 persons			With the population of over 500 persons								
			population, persons	number, pieces	%	population, persons	number, pieces	%	population, persons	number, pieces	%	population, persons	number, pieces	%			
Katanga	8745	16	215	4	2,5	1339	7	15,3	7191	5	82,2	294	9	19,7	1200	1	80,3
Tofalariya	1121	4	2	1	0,2	560	2	50,0	559	1	49,8						
Ol'khon	4501	46	675	36	15,0	2052	8	45,6	1774	2	39,4						
Including Ol'khon island	1494	10	294	9	19,7												
Zamor'e	4000	7				1330	4	33	2670	3	67						
Ust-Kut	641	5	76	2	12	565	3	88									
Total:	19008	78	968	43	5	5846	24	31	12194	12	64						

Ⅲ－9 代表的地域のエネルギー施設

ヒートポンプ暖房システムを設置するための基礎調査として、以下の6地点を検討した。

- リストビアンカのバイカル博物館
- リストビアンカの地区ボイラーハウス
- スルディヤンカのボイラーハウス
- アンガラ川沿岸の JSC イルクーツクエネルギー施設 “ELEKTRA”
- ニロバプスチンの JSC イルクーツクエネルギー施設 “ENERGIA”
- バイカル湖岸の JSC イルクーツクエネルギー施設 “ZAMA”

1. バイカル博物館

(i) 所在地

バイカル博物館は、バイカル湖の歴史、植物相、動物相に関する特徴的な博物館であり、ロシア科学アカデミーに属する。バイカル湖を研究する科学的センターであると同時に、それはバイカル湖についての、知識を普及するために使用される。SB RAS のイルクーツク科学センターに含まれる。バイカル博物館はイルクーツク市から 60 km の距離にある、バイカル湖岸のリストヴィアンカ居住地に位置する。

熱源は大規模なはめ板の建物に位置する。この建物は、3 階と地下室を有し、工房、電気ボイラーハウスと他の経済的施設をハウジングする。実際、トータル床面積 1,880 m³ の、建物は4つの暖房された床を有する。1つの床の高さは 3.6 m である。

(ii) 気象条件

外気温

暖房システムの計算温度	: -27 °C
平均の暖房期間	: -6.1 °C
平均年間	: -0.8 °C
絶対的最低温度	: -43 °C
外気温の設計温度	: -18 °C
暖房期間	: 252 日
年間相対空気湿度	: 72 %
降水量	: 476 mm/年

(iii) 熱消費

建物暖房のための熱負荷は、外気温が計算温度において、150 Gcal/h(175 kW) である。暖房のための熱エネルギー消費は、485 Gcal/年に等しい。温水供給の熱負荷は、0,046 Gcal/h (54 kW) である。温水供給の熱エネルギーの消費は、約 183

Gcal/年に達する。

建物の暖房に消費される電気パワーの料金は、0.32 ルブ^ル/kw.h である。暖房のために消費される電力料金の支払いは、 $485 \times 1163 \times 0.32 / 0.98 = 18,4181$ ルブ^ル/年である。

温水供給のために消費される熱パワーの支払いは、 $183 \times 281 = 51423$ ルブ^ル/年である。

(iv) 暖房および温水供給の仕様

博物館の建物は、熱供給の従来型の設備とは異なり、暖房と温水供給の独立したシステムを有する。暖房システムは独立している。熱の源は、建物の地下にある分離した部屋に設置された、電気ボイラーハウスである。2つの電気ボイラーがここに設置されている。それぞれのボイラーは、100 kW (0,086 Gcal/h)の熱パワーを有する。この電気ボイラーハウスは、この建物のみ供給する。

熱供給は、温度プロットを使用して、ボイラーハウスから調整されている。熱負荷は、その一定の消費において（流動）、熱媒体のセット温度の自動的支援に対して調整されている。暖房システムは、上部分配器を有する。それは、暖房設備のために熱媒体の分散を実現するための、14 暖房用スタンドパイプを含む。

システムは、閉鎖管のシステムである。伸張タンクは3階に位置する。温水供給は集中化されている。温水は、住居家屋に熱を供給する、地方自治体の電気ボイラーハウスから供給される。それは暖房と連結されていず、デッド-エンド設備を使用してなされる。

2. リストビアンカの居住小地区

(i) 所在地

居住小地区はイルクーツク市から 60 km の距離にある、バイカル湖岸のリストヴィアンカ居住地である。それは8のアパートメントハウス、ガレージ排水ポンプステーション、ボイラーハウスを含む。アパートメントハウスは、石づくりではめ板タイプで、4~5階である。それらは、標高がかなり異なる地域にわたって分散する。

(ii) 気象条件

外気温

暖房システムの計算温度	: -27 °C
平均の暖房期間	: -6.1 °C
平均年間	: -0.8 °C
絶対的最低温度	: -43 °C
外気温の設計温度	: -18 °C
暖房期間	: 252 日

年間相対空気湿度	: 72 %
降水量	: 476 mm/年

(iii) 熱消費

外気の計算された温度における、すべての建物の暖房用熱負荷は、1.20 Gcal/h (1395 kw)である。暖房のための熱エネルギー消費は、3,890 Gcal/year に等しい。温水供給の熱負荷は、0.14 Gcal/h (163 kw)である。温水供給のための熱エネルギー消費は、約 652 Gcal/year に達する。

媒体を再分散のために消費される電力の価格は、0.32 ルブ/ kw.h である。2003年において、熱エネルギーのための価格は、980.12 ルブ/Gcal に等しい。2004年において、それは1,335 ルブ/Gcal として認められると予想される。

消費者の熱負荷に関する情報は、表III-9-1において与えられる。

(iv) 暖房の概要

小地区は、重油ボイラーハウスから、熱を供給される。重油ボイラーハウスは、建物の大半と同様に、地方自治体の所有物である。

ボイラーハウスは、4 t/h の蒸気出力を伴う DKVR-4/13 のような、3つの蒸気ボイラーユニットに 設備される。6 t/h の蒸気出力をとまなう KE-6.5/14 のような、1つのボイラーユニットを設備する。熱エネルギーの総容量は $(4 \times 3 + 6.5) \times 0.6 = 11.1$ Gcal/h である。ボイラーハウスの熱負荷とパワーの比較は、それは12%のみが使用されていることを示している。

熱的ネットワークは、2-4 m³/h の量の、水パイプラインからの水によって供給されている。熱配給は、温度プロット 95/70 °C を使用して、調整されている。それは、図 9.1 における上記のプロットに対応する。温水供給に対して、水は温度 55 °C で供給される。

地域の熱的グリッドは、3つのパイプ 敷設を有する。それは、暖房と温水の熱媒体分離した供給をもたらす。水は1つのパイプをとおして供給される。もう1つのパイプは温水供給に使用される。三番目のパイプラインは、暖房システムの後でグリッド水を戻すために使用される。温水供給は、デッド-エンド方式を使用してなされる。熱グリッドは、不透過性チャネルにおいて敷設される。

(v) 暖房システムと温水供給の仕様

建物の暖房と温水供給は、それらの間で分離されていて、それぞれ独立して働く。暖房供給は、水を混合するエレベータなしに、依存したスキームを使用して連結されている。熱供給の分配は、従来方式である。すなわち、暖房装置として使用される鑄鉄放熱器をとまなう1つのパイプである。

温水供給は集中化されている。温水は、熱居住セクターに供給している、地方自治体のボイラーハウスから分配される。温水は、デッド-エンド方式を使用した熱グリッドを通じて、供給される。温水供給の内部システムは、暖房に連結さ

れていないで、デッドエンドスキームを使用してなされている。

3. スルディヤンカ市ペレヴァル

(i) 所在地

スルディヤンカ市は、イルクーツク市から 110 km の距離にある、バイカル湖岸に位置している。検討の対象としている居住地区は、市の工業的部分に位置し、ペレヴァルと呼ばれている。それは、47 個の人の住んでいる公的な建物を含む。アパートメントハウスは、異なる物質（石、ブリック、木材）から建設されている。それらは、1 から 5 までの階を有する。それらは地域にわたって分散している。

熱的グリッドによって、それらの間で連結されている。小地区は、集中化された暖房、水供給、水排出（排水）設備を有する。

(ii) 気象条件

外気温

暖房システムの計算温度	: -28 °C
平均の暖房期間	: -6.4 °C
平均年間	: -0.7 °C
絶対的最低温度	: -40 °C
外気温の設計温度	: -18 °C
暖房期間	: 255 日
年間相対空気湿度	: 73 %
降水量	: 476 mm/年

(iii) 熱消費

外気温の計算された温度において、全ての建物の暖房用熱負荷は、4.966 Gcal/h (5775 kW) に達する。暖房のための熱エネルギーの消費は、16,121 Gcal/年に等しい。温水の熱負荷の供給は、0.468 Gcal/h (545 kW) である。温水供給のための熱エネルギーの消費は、約 2,120 Gcal/年に達する。

媒体の再配分のために消費される電力の料金は、0.32 ルブル/kWh である。2002 年末における、熱エネルギーのためのコスト価格は、628 ルブル/Gcal に等しい。2004 年において、759 ルブル/Gcal である。燃料（石炭）のコストは、従来型燃料の 481 ルブル/トンである。

(iv) 熱供給の概要

小地区は、石炭ボイラーハウスから熱を供給される。石炭ボイラーハウスは、建物の大部分と同様に、地方自治体の所有物である。熱的グリッドのキーダイヤグラムは、図 III-9-2 において与えられる。ボイラーハウスは、熱負荷の中心地から 2,500 m の距離に位置している。設備は、基本的消費者とボイラーハウス

と消費者を連結する熱グリッドの方向を示す。

ボイラーハウスは、蒸気出力 6.5 t/h の KE-6, 5/14 のような、2つの蒸気ボイラーユニットが設備されている。蒸気出力 10 t/h の DVKR-10/13 のような1つの蒸気ボイラーによる、熱エネルギーのトータル出力は、 $(6.5 \times 2 + 10) \times 0.6 = 13.8$ Gcal/h である。ボイラーハウスの熱負荷とパワーの比較は、それが 40 %のみが使用されていることを示す。熱的グリッドは、9-10 m³/h の量の水パイプラインからの水によって、再補充されている。この熱供給は、95/70 °Cの温度プロットを使用して調整されている。このプロットは、図Ⅲ-9-3において与えられるプロファイルに対応する。温度 60 °Cを有する水は、温水供給のために供給される。

地域の熱的グリッドは、2つのパイプ敷設を有する。1つのパイプラインは、暖房と温水供給のための、熱媒体の供給に使用される。しかし、もう1つは、暖房と温水供給システムのグリッドからの水を戻すために使用される。熱媒体は、暖房と温水を一緒に供給される。システムは、デッドエンド方式を有する。熱的グリッドは、不透過性なチャンネルに敷設されている。

(v) 水排水システム

住居用排水の市の浄化設備、小地区ペレヴァルから 400 m の距離に位置する。それらは熱エネルギーの良好な源でありうる。これらの設備における、1日あたりの排水の消費は 6,000 m³/h に達する。排水の温度は、12~16 °Cである。それは、熱ポンピング設備において、この水の熱を使用するために好ましい条件を提供する。排水は、低いポテンシャル熱の源として使用可能である。

(vi) 暖房および温水供給の仕様

建物への熱的入力、暖房と温水供給のために、熱媒体の複合化された供給設備を有する。暖房と温水供給は、熱的入力において独立したシステムに分離される。この調整は、前もって計算されたスロットルダイヤフラムをともなうなされる。その後、熱的入力にインストールされる。

暖房は、水の混合のエレベータなしに、依存したスキームを使用して連結される。暖房の分配は伝統的なものである。すなわち、暖房設備として使用される、鋳鉄製放熱器をともなう1つのパイプである。

温水供給は開放的である。温水は、熱的グリッドから直接的に、住居用の要求のために消費される。温水供給の内部システムは、暖房と連結していない。デッドエンド方式を使用してなされる。水の分離は、水ハイドラントの開放の程度によって、調整される。

4. イルクーツクエネルギー “ZAMA”

(i) 所在地

キャンプ地ザマは、プリバイカル国立公園にあり、イルクーツク市から 331 km の距離に位置する。それは、バイカル湖の岸から 1,000 m の距離に位置する。その名前は、それが位置する居住地の名前から由来する。キャンプ地は JSC イルクーツクエネルギーに属する。JSC イルクーツクエネルギーの旅行会社であるグランドバイカルに含まれる。

キャンプ地は 2 つの建物、すなわち利用客のための主要な建物、および行政の建物である。それらのトータルの使用床面積は、1,500 m² に達する。建物のトータル容量は、4,200 m³ である。1 つのレベルの高さは、2.8 m である。

(ii) 気象条件

外気温

暖房システムの計算温度	: -30 °C
平均の暖房期間	: -7.8 °C
平均年間	: -1.9 °C
絶対的最低温度	: -42 °C
外気温の設計温度	: -20 °C
暖房期間	: 257 日
年間相対空気湿度	: 65 %
降水量	: 266 mm/年

(iii) 熱消費

外気温の計算された温度における、建物暖房のための熱負荷は、0.160 Gcal/h (175 kW) に達する。暖房の熱エネルギーの消費は、550 Gcal/年である。温水供給の熱負荷は、0.040 Gcal/h (47 kW) である。温水供給のための熱エネルギーの消費は、170 Gcal/年である。

燃料のコストは、伝統的な燃料の 7,150 ルーブル/tons である (1ton の conventional 燃料=7,000 kcal/kg)。燃料消費量は、伝統的な燃料の約 170tons である。

(iv) 暖房および温水供給の仕様

キャンプ地ザマは、電力および熱エネルギーのそれ自身の源を有する。T 電力の源は、ディーゼル発電である。熱エネルギーの源は、電気ボイラーである。発電所は、高額のディーゼル燃料である。

暖房は独立的である。熱の源は、分離された建物に位置する電気ボイラーハウスである。電極ボイラーは、その中に設置されている。それぞれの電極ボイラーは、100 kW (0,086 Gcal/h) の熱パワーを有する。電力ボイラーは、キャンプ地の 2 つの建物に供給する。ボイラーハウスから分配された熱は、温度プロット 95/70°C を使用して、調整される。温度プロファイルは図 III-9-7 によって与えられる。熱負荷は、一定の消費（流動）において、熱媒体の与えられた温度の自

動的支援に調整される。

暖房は、1つのパイプの分配を有する。熱は、暖房スタンドパイプを通じて、部屋の間で分配される。それは暖房装置の間で熱媒体を分配する。暖房は、ネットワーク水を通じて直接に電気ボイラーと連結される。温水は、同一の電気ボイラーハウスから、供給される。外部の熱グリッドを通じて、それは暖房と連結されている。建物は、独立した暖房のシステムを有する。暖房は、デッドエンド方式を使用してなされる。

5. ホリディセンター “ENERGETIC”

(i) 所在地

ホリディセンター “ENERGETIC” は近代的な療養施設である。それはイルクーツク州に隣接するブリヤート共和国のニロバ プスチン居住地に位置する。ホリディセンターは、ツンカ国立公園内の景観に恵まれた場所にあり、イルクーツク市から 265 km の距離に位置する。ホリディセンター “ENERGETIC” は、JSC イルクーツクエネルゴに属する。JSC イルクーツクエネルゴの旅行会社グランドバイカルに含まれる。

それは旅行客のための3つの建物を有する。それらのトータルの使用床面積は 1,786 m² に達する。建物の容量は 5358 m³ である。1つのレベルの高さは、3.0 m までである。図Ⅲ-9-8, 9, 10は、すべての建物の外観を与える。

(ii) 気象条件

外気温

暖房システムの計算温度	: -33 °C
平均の暖房期間	: -8.1 °C
平均年間	: -3.8 °C
絶対的最低温度	: -48 °C
外気温の設計温度	: -20 °C
暖房期間	: 266 日
年間相対空気湿度	: 73 %
降水量	: 506 mm/年

(iii) 熱消費

外気温の計算された温度における、建物の暖房のための熱負荷は 0.240 Gcal/h (280 kW) に達する。暖房のための熱エネルギーの消費は、810 Gcal/年に等しい。温水供給の熱負荷は、0.060 Gcal/h (70 kW) である。温水供給のための熱エネルギーの消費は、約 270 Gcal/年に達する。

暖房のために消費される電力のコストは、2.3 ルーブル/kWh である。電力消費量は、約 1,255,810 kWh である。暖房のための電力のコストは、1,255,810 × 2.3 =

2,888,363 ルブル /年である。

(iv) 暖房と温水供給の仕様

ホリディホテル“ENERGETIC”は、熱エネルギーの自身の源を有する。この源は、250 kW の熱パワーを有する 3 個の電極ボイラーを設備している、電気ボイラーハウスである。そのトータル仕様パワーは、750 kW に達する。

電気ボイラーハウスは、すべての建物の熱グリッドと連結される。熱媒体は、暖房と温水供給のために、これらのグリッドを通じて与えられる。熱グリッドは、熱入力において、暖房と温水供給に分かれている。暖房システムは、熱グリッドと直接連結するエレベータなしで、従来方式である。

ボイラーハウスからの熱供給は、温度プロット 95/70 °C を使用して、調整されている。この温度プロファイルは、図 9.11 において与えられる。熱負荷は、その一定の消費（流動）において、熱媒体の与えられた温度の自動的サポートによって、調整されている。暖房は、配給する 1 つのパイプを有する。熱は、暖房装置に熱媒体を分配する暖房スタンドパイプを通じて、建物の間を分配される。暖房システムは、グリッド水を通じて、電気ボイラーと直接的に連結される。温水は、また同一の電気ボイラーハウスから供給される。建物において、暖房と独立した、それは分配システムを有する。デッドエンドを使用してなされる。

6. ヘルス & ホリディ センター “ELEKTRA”

(i) 所在地

HHC “ELEKTRA” は、イルクーツク市から 43 km の距離にあり、バイカルハイウェイにそって位置する。それはイルクーツク人工貯水池の沿岸に位置し、リストヴィアンカ居住地とアンガラ川の源に近い。ヘルス & ホリディ センター “ELECKRA” は 15 の建物を有し、それらのうちの 6 つはコテージタイプの小規模な建物である。建物は、主としてマルチ階（4 レベルまで）である。それらはテリトリーにわたって分散している。建物とそれらの容量的パラメータは、表 III-9-2 にリストアップされる。サナトリウムの基本的建物の外観は、図 III-9-12 ~ 16 において与えられる。

それらの間で熱グリッドによって結合されている。それは集中暖房、温水供給、配水を有する。熱供給は、それ自身の電気ボイラーハウスから供給される。水は、敷地内に位置する水井戸から供給される。この水井戸から、すべての建物への水パイプラインを通じて、水は分配される。H&HC “EREKTRA” は、浄化設備をとまなう、水ディスチャージのシステムを有する。

(ii) 気象条件

外気温

暖房システムの計算温度： -36 °C

平均の暖房期間	: -8.5 °C
平均年間	: -0.9 °C
絶対的最低温度	: -47 °C
外気温の設計温度	: -20 °C
暖房期間	: 240 日
年間相対空気湿度	: 77 %
降水量	: 369 mm/年

(iii) 熱消費

外気の計算された温度において、すべての建物を暖房するための熱負荷は、1,200 Gcal/h (1,400 kW)に達する。暖房のための熱エネルギーの消費は、3,520 Gcal/年に等しい。温水供給の熱負荷は、0.3 Gcal/h (350 kW)である。

温水供給のための熱エネルギーの消費は、約 1,350 Gcal/年に合成する。暖房に消費される電気パワーの料金は、0.429 ユーロ/kWh である。

(iv) 暖房の概要

小地区は、電気ボイラーハウスから、熱を供給される。電気ボイラーハウスは、HHC “EREKTRA” の敷地内に位置する。そしてその構成物に含まれる。ボイラーハウスは、それぞれが 1,000 kW の熱パワーを有する、4つの電気ボイラーで設備される。ボイラーハウスの仕様化されたトータルパワーは、4,000 kW (3.45 Gcal/h) に達する。ボイラーハウスは、良好な状態にある。

もしヒートポンピング装置が HHC “EREKTRA” の敷地内に設置されるならば予備またはピーク時源として使用可能である。熱負荷とボイラーハウスのパワーの比較は、それが 45 %しか使用されていないことを示す。熱グリッドは、5~6 m³/h の量の、局地的な水パイプラインから、水によって 補充される。熱供給は、温度プロット 95/70 °Cを使用して調整される。それはプロファイルに対応する。

温度 60 °Cの水は、温水供給のために供給される。電気ボイラーハウスから HHC “EREKTRA” の消費者へ導く熱グリッドは、2つの敷設されたパイプを有する。1つのパイプラインを通じて、熱媒体は、暖房および温水供給のために供給される。一方、他のパイプラインを通じて、ネットワーク水は暖房と温水供給システムの後で戻る。暖房と温水供給のための熱媒体の供給は、複合化されている。システムは、デッド-エンド方式を有する。熱的グリッドは、不通過性のチャンネルの中で、地下に埋設される。

(v) 排水システム

HHC “ELECTRA” は、排水システムおよび生活排水の浄化設備を有する。浄化設備は、熱エネルギーの良好な源となりうる。これらの設備における1日あたりの排水の平均年間消費は、150~200 m³/day とおなじ高さに達しうる。1日の最大消費量は、2003年8月において見出され、260 m³/日に達する。

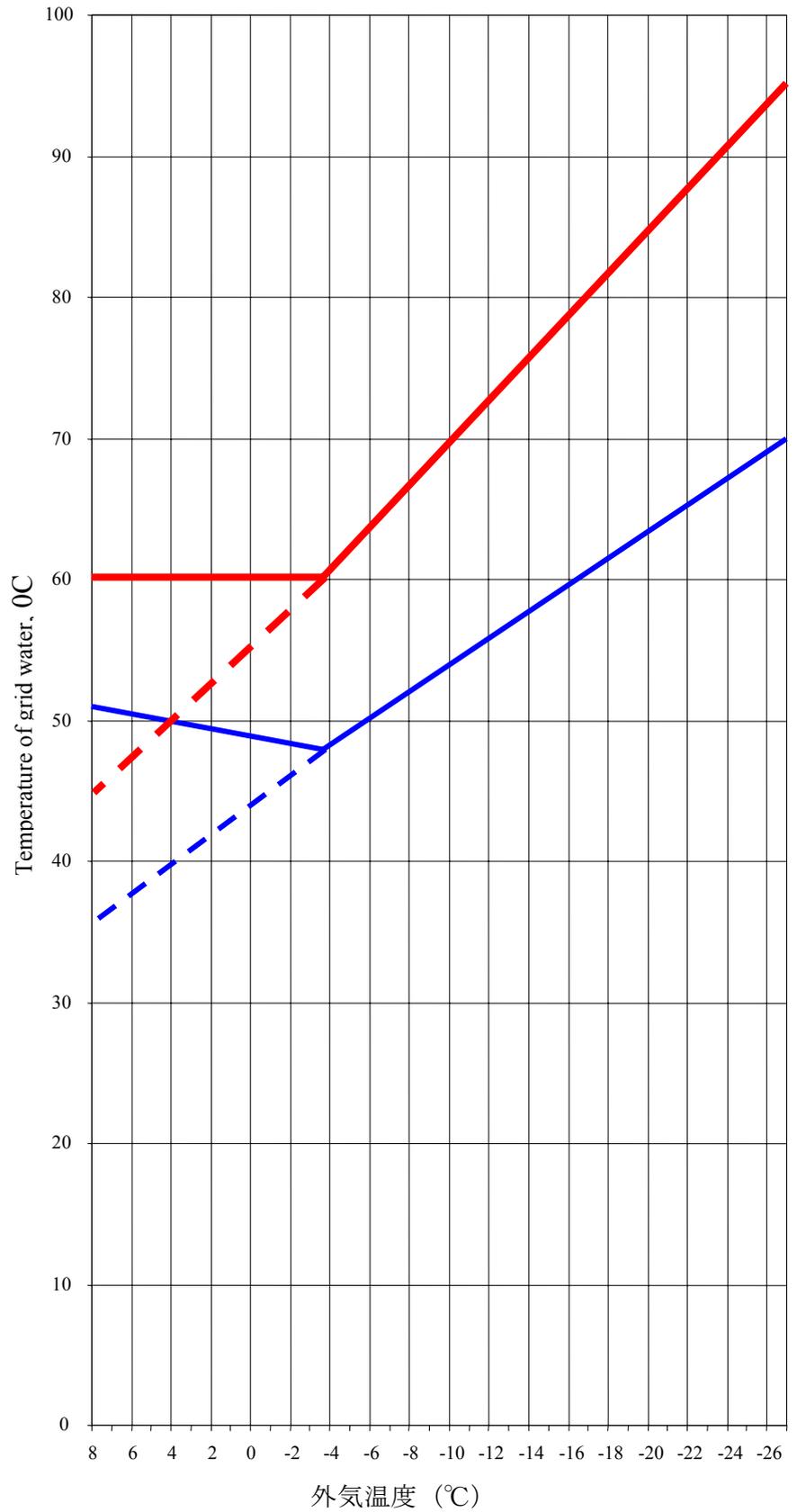
プロジェクトにおいて、浄化設備は 350 m³/日として評価される。平均として排水の温度は、18～20 °Cに達する。生活廃水の与えられた温度ポテンシャルは、ヒートポンピング設備において排水の熱を使用するための好適な状態を供給する。排水は、低ポテンシャルの熱の源として使用されうる。

(vi) 暖房および温水供給の仕様

HHC “EREKTRA” の建物における熱的入力、暖房および温水供給のために、熱媒体の複合化された供給を有する。独立したシステムへの暖房と温水供給の分離は、暖房入力を置換する。調整はあらかじめ計算されている、スロットル 振動板の支援によってなされる。それから熱入力にインストールされる。暖房は水を混合するエレベータなしに、依存したスキームを使用して連結される。

熱の分配は従来方式である。暖房装置として使用される、鋳鉄製の放熱器をともなう 1つのパイプ。温水供給は開放的である。温水は熱的グリッドから、直接生活必要のために供給される。温水供給の内部システムは暖房と連結されていない。デッドエンド方式を使用してなされる。水の分離は、ハイドラントの開放のレベルによって調整される。

T _n	T ₁	
8	60	51
7	60	51
6	60	50
5	60	50
4	60	50
3	60	50
2	60	49
1	60	49
0	60	49
-1	60	49
-2	60	48
-3	60	48
-4	60	48
-5	62	49
-6	64	50
-7	65	51
-8	67	52
-9	68	53
-10	70	54
-11	71	55
-12	73	56
-13	74	57
-14	76	58
-15	77	59
-16	79	60
-17	80	61
-18	82	62
-19	83	63
-20	85	64
-21	86	65
-22	88	66
-23	89	66
-24	91	67
-25	92	68
-26	94	69
-27	95	70



図Ⅲ－9－1 リストビアンカ居住地に対する計算値

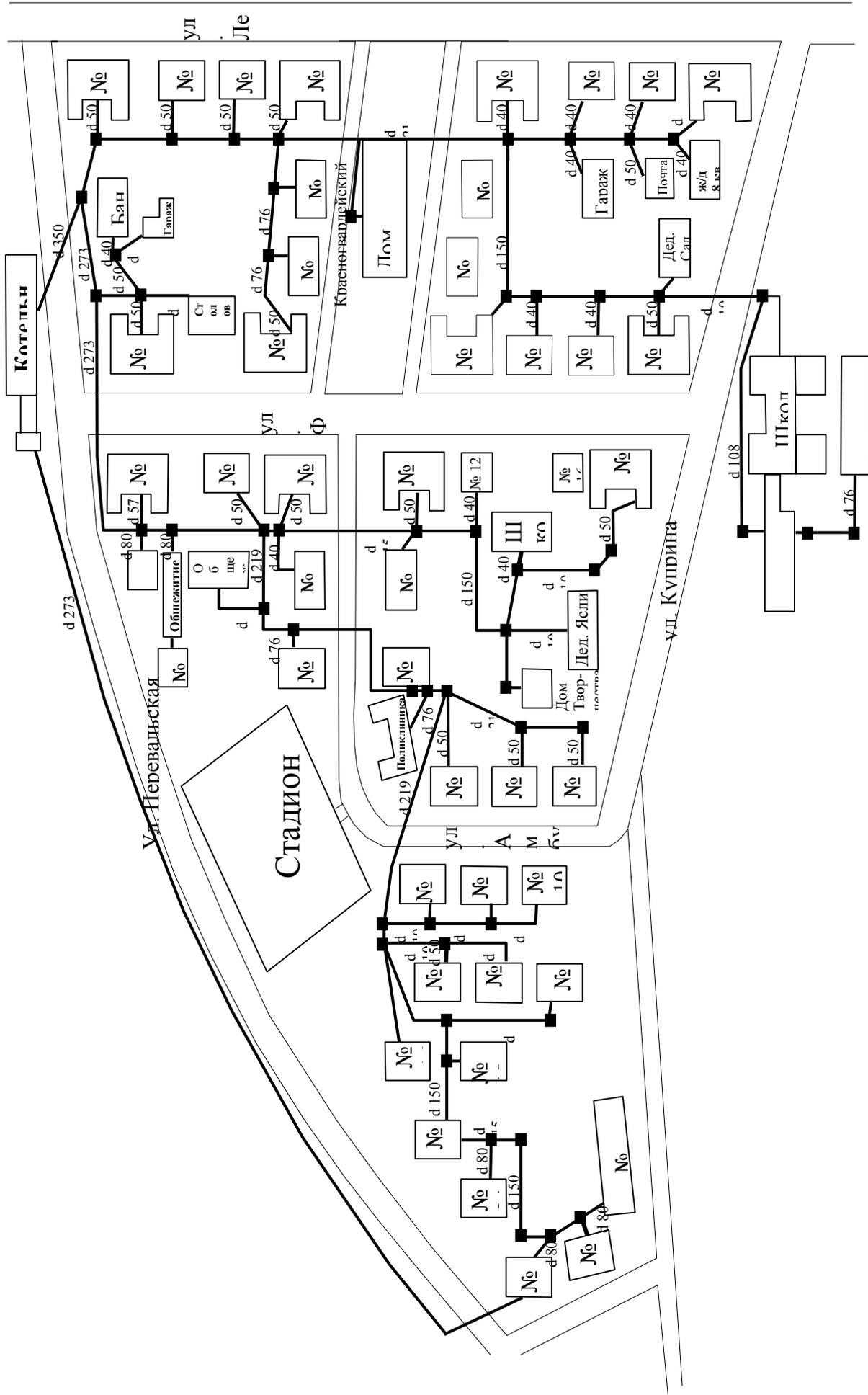
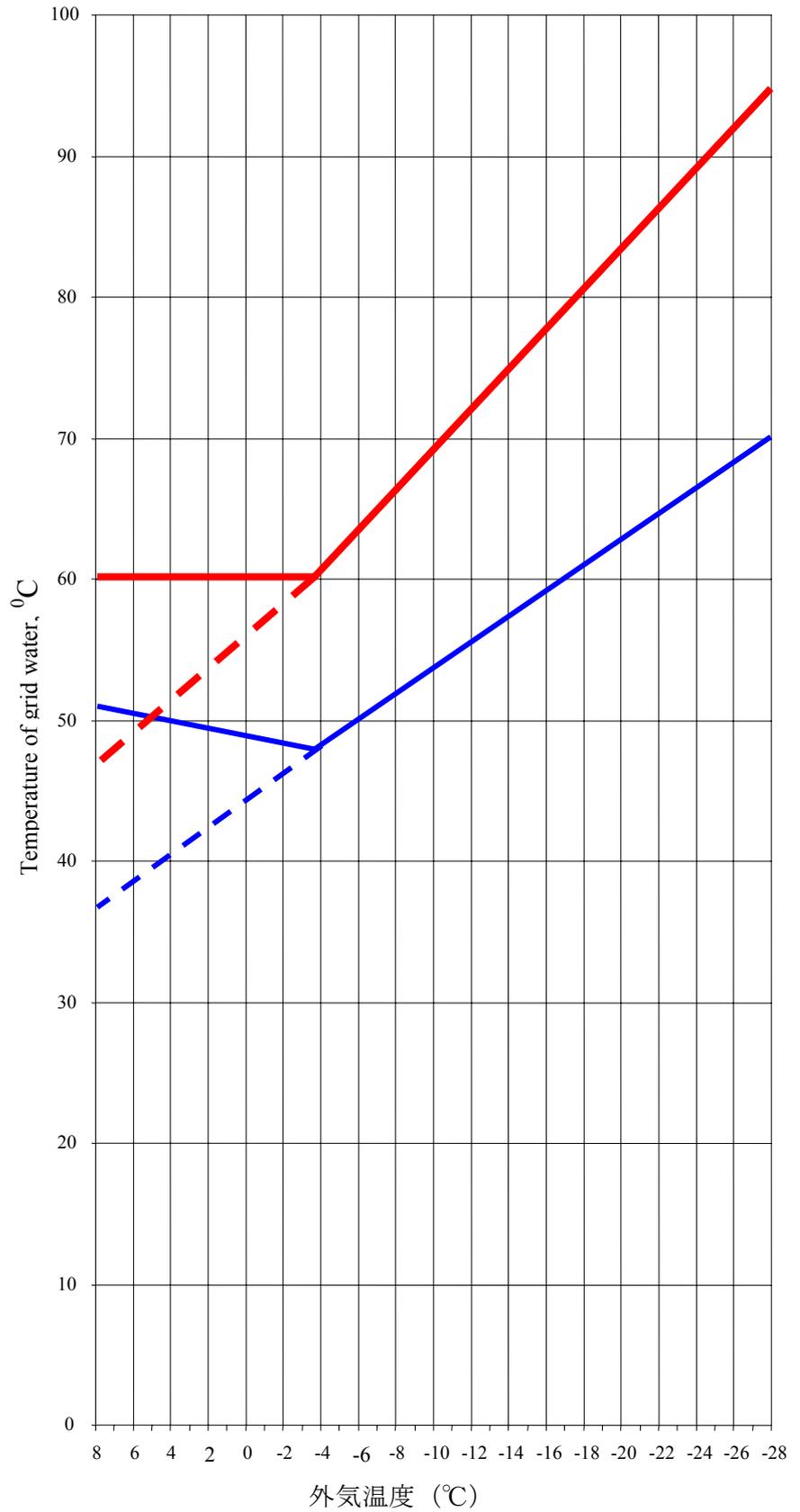


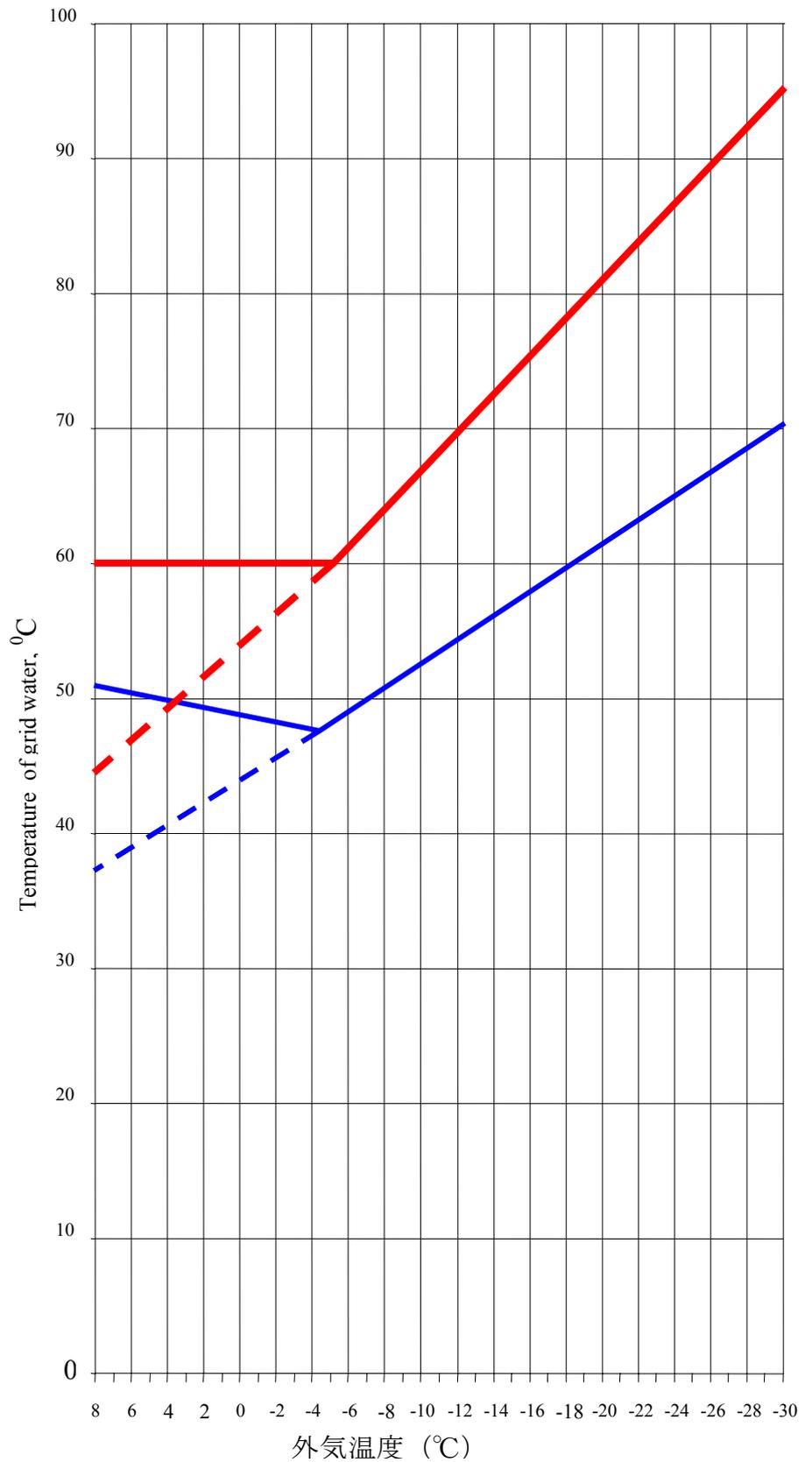
図 III-9-2 スルディアンカ市のグリッドスキーム

T _n	T	T
8	60	51
7	60	51
6	60	51
5	60	50
4	60	50
3	60	50
2	60	50
1	60	49
0	60	49
-1	60	49
-2	60	48
-3	60	48
-4	60	48
-5	61	49
-6	63	50
-7	64	51
-8	66	52
-9	67	53
-10	69	54
-11	70	55
-12	72	56
-13	73	57
-14	75	58
-15	76	58
-16	78	59
-17	79	60
-18	81	61
-19	82	62
-20	84	63
-21	85	64
-22	87	65
-23	88	66
-24	89	67
-25	91	67
-26	92	68
-27	94	69
-28	95	70



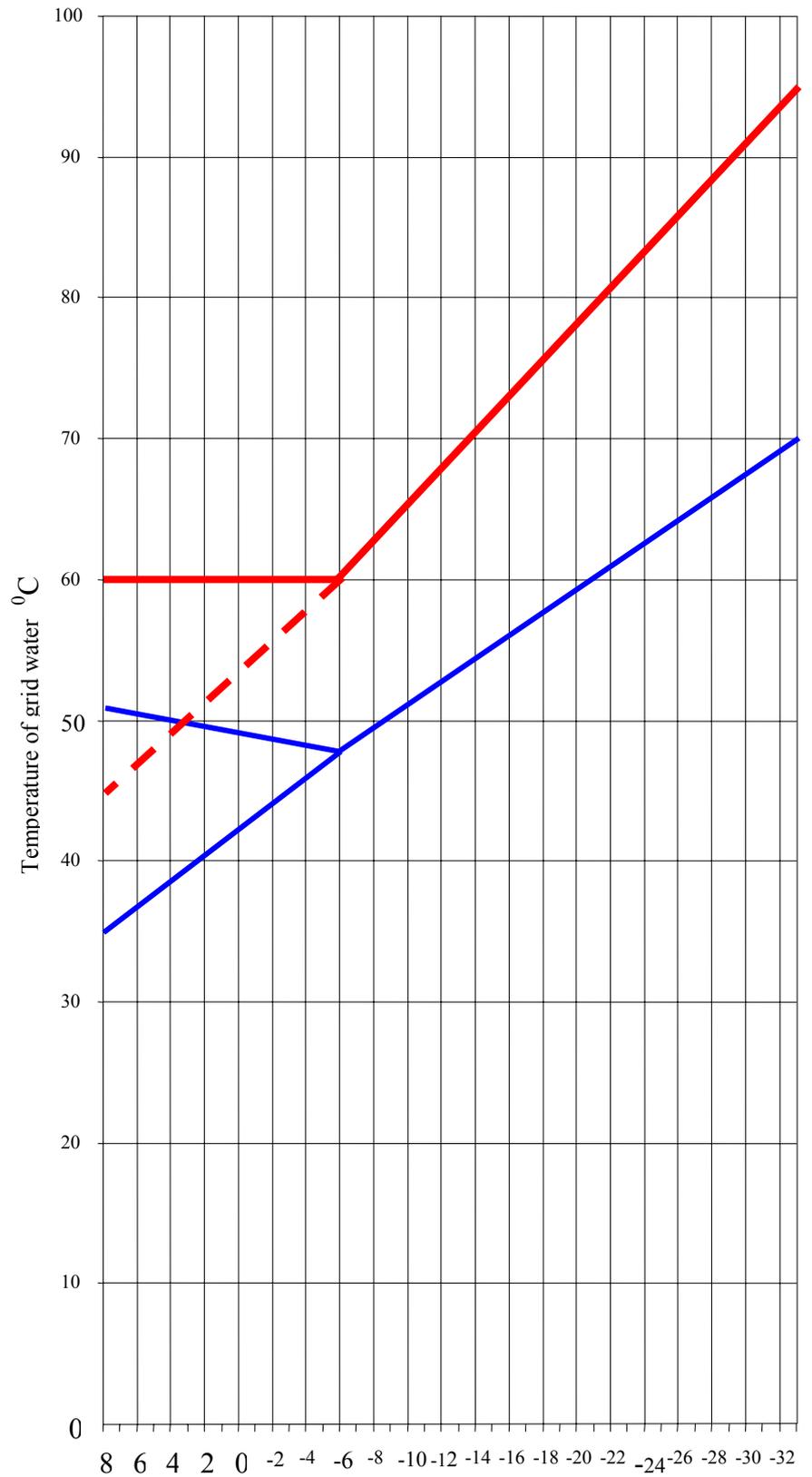
図Ⅲ－9－3 スルディアンアカ市に対する計算値

T _H	T ₁	T ₂
8	60	51
7	60	51
6	60	51
5	60	50
4	60	50
3	60	50
2	60	50
1	60	49
0	60	49
-1	60	49
-2	60	49
-3	60	48
-4	60	48
-5	60	48
-6	61	49
-7	63	50
-8	64	51
-9	66	52
-10	67	53
-11	69	54
-12	70	54
-13	72	55
-14	73	56
-15	74	57
-16	76	58
-17	77	59
-18	79	60
-19	80	61
-20	81	62
-21	83	62
-22	84	63
-23	86	64
-24	87	65
-25	88	66
-26	90	67
-27	91	68
-28	92	68
-29	94	69
-30	95	70



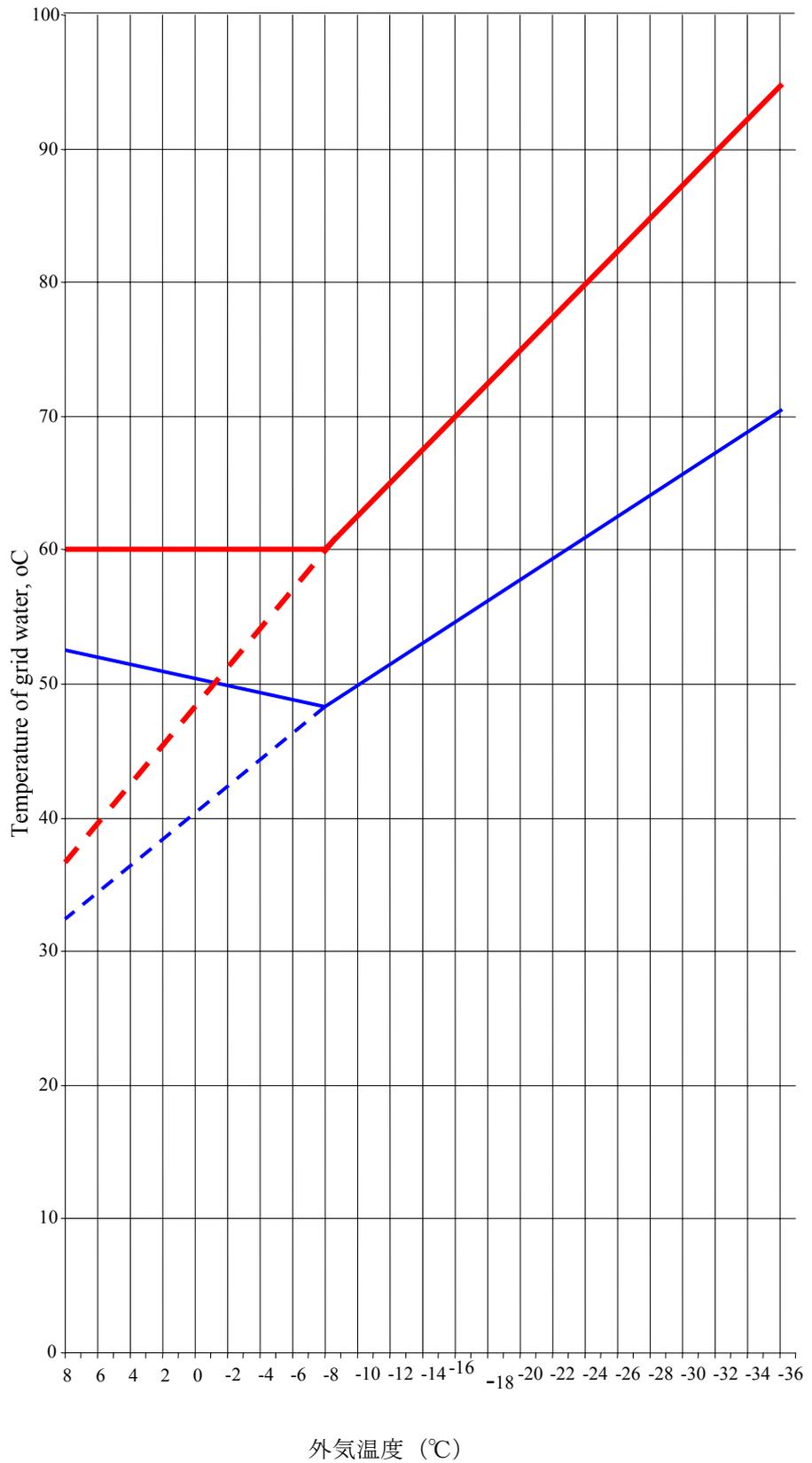
図Ⅲ－9－4 ザマリゾートに対する計算値

T _H	T ₁	T ₂
8	60	51
7	60	51
6	60	51
5	60	51
4	60	50
3	60	50
2	60	50
1	60	50
0	60	50
-1	60	49
-2	60	49
-3	60	49
-4	60	49
-5	60	48
-6	60	48
-7	61	48
-8	62	49
-9	63	50
-10	65	51
-11	66	52
-12	68	53
-13	69	54
-14	70	55
-15	72	55
-16	73	56
-17	74	57
-18	76	58
-19	77	59
-20	78	60
-21	80	60
-22	81	61
-23	82	62
-24	84	63
-25	85	64
-26	86	65
-27	87	65
-28	89	66
-29	90	67
-30	91	68
-31	92	68
-32	94	69
-33	95	70



図Ⅲ－9－5 HC “ENERGETIC” に対する計算値

	T	T
8	60	52
7	60	51
6	60	51
5	60	51
4	60	51
3	60	5
2	60	50
1	60	50
0	60	50
-1	60	50
-2	60	49
-3	60	49
-4	60	49
-5	60	49
-6	60	48
-7	60	48
-8	60	48
-9	61	49
-10	63	50
-11	64	51
-12	65	51
-13	67	52
-14	68	53
-15	69	54
-16	70	55
-17	72	55
-18	73	56
-19	74	57
-20	75	58
-21	77	59
-22	78	59
-23	79	60
-24	80	61
-25	82	62
-26	83	63
-27	84	63
-28	85	64
-29	87	65
-30	88	66
-31	89	66
-32	90	67
-33	91	68
-34	93	69
-35	94	6
-36	95	



図Ⅲ－9－6 HHC “ELEKTRA” に対する計算値

表Ⅲ－９－１ 熱負荷の計算値

Consumer	Calculated heat loads					
	Heating		Hot water supply		Total	
	In heat, Gcal/hour	In water, t/hour	In heat, Gcal/hour	In water, t/hour	In heat, Gcal/hour	In water, t/hour
Garage	0,080	3,22	0,055	0,10	0,09	3,32
Living house	0,109	4,34	0,0063	0,12	0,11	4,46
Living house	0,143	5,71	0,0146	0,27	0,16	5,97
Living house	0,143	5,71	0,0143	0,26	0,16	5,97
Living house	0,139	5,54	0,0223	0,41	0,16	5,95
Living house	0,228	9,13	0,0234	0,43	0,25	9,56
Living house	0,215	8,61	0,0380	0,69	0,25	9,30
Hostel	0,042	1,68	0,0107	0,20	0,05	1,88
Hostel	0,059	2,36	0,0039	0,07	0,06	2,43
Living house	0,017	0,70	0,0007	0,01	0,02	0,71
Sewage station	0,006	0,24	0,0002	0,01	0,01	0,25
Boiler-house	0,029	1,17	0,0011	0,02	0,03	1,19
TOTAL	1,21	48,42	0,141	2,56	1,351	50,98

表Ⅲ－９－２ HHC “ELEKTRA” の建物構成

№ п\п Item No	Object name: “Electra” Health & Holiday Center	Inner area, sq. m.	Volume, cub. m.
1.	Administrative building	1944	4860
2.	Bedroom block	2430	6075
3.	Cottages (6)	990	2475
4.	Balneary	2715	9500
5.	New medical treatment building	1152	3456
6.	Canteen	960	2688
7.	Post No.1 (security)	80	200
8.	Garage	864	2592
9.	Sewage block	2304	10368
10.	Boiler house	500	2500
	TOTAL:	13939	44714

IV. プロジェクト内容

IV. プロジェクト内容

IV-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は、石炭を主体とする化石燃料による地域暖房システムが一般的に行われており、多量の CO₂, NO_x, SO_x, 煤塵等を排出している。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を行う。

IV-2 プロジェクトサイト

1. 概要

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 43 km 離れたアンガラ川の右岸に位置する（図IV-2-1）。プロジェクトサイトの住所は、“279 Baikalskaya Str. A402, Irkutsk, Russia 664050”である。

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、サナトリウム、レジャー設備、コンベンションセンター及び宿泊設備等からなる複合的かつ近代的なリゾート施設である。この施設は、室内暖房、温水プール、療養設備（浴用、泥浴、サウナ等）等のために多量の温水を使用する。

2. プロジェクトサイトの選定理由

Health and Holiday Center “ELEKTRA”（以下、HHC “ELEKTRA” と呼称）はリゾート施設であり、風光明媚な景観地にあるため、周辺的环境保全に非常に留意している。このような状況から、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おり、現在は電気ボイラーにより温水を造成している。

この方式は、リゾート施設内では CO₂ の排出量をほとんど抑えることが可能であるが、火力発電所まで含めると化石燃料の燃焼による CO₂ 排出をもたらしている。したがって、火力発電所からの電力消費を削減することは、地域全体的にみれば CO₂ 削減に寄与する。

イルクーツク州における暖房方式は、その規模から3つに分けられる。

大規模暖房方式：人口が集中した都市部では、大型の石炭ボイラーにより高温の温水を大量に造成し、都市全体の集合住宅、オフィス等に供給している（セントラルヒーティング方式）。イルクーツク市の場合、火力発電所及び独自の石炭ボイラー設備により高温（150℃程度）の温水を造成し、市内各地の消費地点に供給している。循環温水の戻り時の温度は、60～70℃程度に低下する。

中規模暖房方式：都市部ほどではないが、ある程度人口が集中する集落、あるい

はリゾート施設を対象として、地方自治体や企業が温水を供給している。EREKTRA リゾートの場合、温水利用温度や温水流送距離があまり大でないことから、電気ボイラーで造成する温水の温度は70～80℃である。これらの暖房システムは、燃料の運搬費がかさむことや、電力を使用することからコスト的に高い傾向にある。

小規模暖房方式：個人の一戸建て住宅では、木材・石炭を燃焼させ、直接暖房あるいは温水暖房方式（ペチカ）が主体である。ヒートポンプ暖房システムは、温度的に数10℃程度の温水を造成する場合は効率的である。

したがって、イルクーツク州の暖房方式からみると、中規模暖房システムに対してヒートポンプ暖房システムを適用することが適切と考えられる。また中規模暖房方式は、大規模暖房方式に比較して規模が小さいことから、設備の置換が容易である。

IV-3 プロジェクトの内容

1. 概要

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。ただし、暖房システムは温水の循環に基づいており、電気ボイラーによって造成された温水は暖房とともに、温水プール、療養設備、その他生活用水に使用されている。したがってここでいう暖房システムは温水造成供給システム全体を指すものとする（図IV-3-1）。

1. プロジェクト対象の既存設備の現状

既存の暖房システムの状況は、以下のとおりである。リゾート施設で使用する温水は、電気ボイラーで造成している。ただし、この電力は石炭火力発電所から購入している。根本的には石炭燃焼によるエネルギー源であり、CO₂排出をもたらしている。

(i) 温水の造成給湯設備

電気ボイラー : 4台 (0.86 GWe 容量, 1MWe 電力)

送水ポンプ : 4台

アキュムレータ : 2台

温水貯水タンク : 2台

(ii) 造成温水の諸元

温水温度 : 60～80℃ (ボイラーから送出地点)

生産する温水量 : 4,000 m³/月

温水の源水は、ボーリングにより汲み出された地下水である。

(iii) 排水処理設備

本リゾート施設は、大量の温水及び用水を使用するが、全て自己の施設内で浄化処理している。

下水処理施設は、バクテリア浄化装置、オゾン浄化装置、濾過装置、沈殿装置等からなる。排水のうち水分は、排出基準値まで成分を浄化させ、アンガラ川に排出する。濾過装置、沈殿装置で除去した固形物は、産業廃棄物として処理場まで運搬し、処理する。

排水の水質チェックはかなり綿密に実施している。すなわち、3項目の化学成分（窒素、硫化物、塩素）は毎日1回、20項目の化学成分は2週間に1回、バクテリアは1ヶ月に1回の分析を行っている。

2. プロジェクトサイトのエネルギー消費に関する情報

(i) 熱負荷

暖房および温水供給の総合熱負荷は、1,400 Gcal/h (1,750 kW)である。このうち、居住地すべての建物に対する暖房の熱負荷は、1,200 Gcal/h (1,400 kW)である。また、温水供給の熱負荷は、0.300 Gcal/h (350 kW)に等しい。暖房と温水供給のための熱エネルギーの総合年間消費は6,215 Gcalに達する。このうち、暖房のための熱エネルギーの消費は3,604 Gcal/年に等しい。また、温水供給の熱エネルギーの消費は2,611 Gcal/年に等しい。

熱エネルギーを生産するための電力の料金は、2004年1月1日から0.429ルーブル/kWhに設定された。計量器によって測定された、2003年における実際の消費は、暖房が3,604Gcal、温水が2,611Gcal、合計が6,215Gcalである(表IV-3-2)。プールの使用に起因して、温水供給に対する熱消費は、暖房負荷に匹敵する。

(ii) 暖房と温水供給の特殊性

イルクーツク州における暖房期間に対する外気の温度の期間は、以下のとおりである。外気温度が+8°Cの場合は5,780時間、0°Cの場合は4,320時間、-5°Cの場合は3,300時間、-10°Cの場合は2,600時間、-15°Cの場合は1,730時間、-20°Cの場合は864時間、-25°Cの場合は458時間、-30°Cの場合は172時間、-35°Cの場合は58時間、-40°C以下の場合は7時間である。

外気温度に依存する熱負荷のダイヤグラム(左側)は、外気温度の期間に依存する年間熱消費(右側)は、図IV-3-3に示される。ダイヤグラムは、暖房と温水供給の必要性にもとづく負荷と熱消費の全体としての変化を反映している。ダイヤグラムの右側における時間の年間期間は、時間で示される。左側(+20°C~+8°C)および右側(5,760~8,760時間)における大地は、温水供給の規模を反映する。ダイヤグラムは、イルクーツク州における暖房期間に対する外気温度の期間を使用して、計算される。暖房システムにおいて提出された熱媒体の最高温度は、95°Cに等しいと許容される。また戻りの熱媒体の温度は70°Cである。これらの温度は、

外気温度が -36°C かそれ以下において調整される。より高い外気温度において、それらは低下する。

暖房季節は、外気温度が $+8^{\circ}\text{C}$ に等しい時期に開始される。夏季において、暖房システムは停止される。温水は、生活の必要に応じて、直接暖房システムから供給される。温水の温度は、生活必要において規定される 55°C よりも低くあるべきではない。平均として、温水供給負荷は、トータル暖房負荷からの20%に達する。HHC “ELEKTRA” ボイラーハウスのスキームは、図IV-3-4において示される。

ここで、

- EB：電気ボイラー（4基）
- GP：グリッドポンプ（4基）
- FP：供給ポンプ（3基）
- HAT：熱蓄積タンク（2基）
- MS：泥ソーバー（1基）
- FWP：新鮮水ポンプ（2基）
- PT：圧力タンク（2基）
- DHP：深部井戸ポンプ（1基）

3. プロジェクトの設備概要

新規に設置するヒートポンプ暖房システムの設備概要は、以下のとおりである。

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。ただし、前2者がヒートポンプ暖房システムに特有なものであり、新規に設置する設備である。後2者は既存の暖房システムをそのまま利用する。

- ① 熱交換設備：熱源としてアンガラ川の河川水を想定した。
- ② 温水造成設備（ヒートポンプ）：熱交換器，ヒートポンプ，混合槽
- ③ 温水造成設備（電気ボイラー）：電気ボイラー，貯湯槽
- ④ 温水循環設備：輸送配管，循環水ポンプ，補給水ポンプ，濾過器，集水器，計量器
- ⑤ 暖房設備：放熱板等

4. プロジェクトバウンダリー

本プロジェクトにおける設備の建設，運転，保守のバウンダリーは，HHC “ELEKTRA” の暖房温水供給システムすべてである（図IV-3-1）。

- ① 熱交換設備の全て
- ② 温水造成設備の全て
- ③ 暖房設備及び温水利用設備の全て
- ④ 配管設備の全て

⑤ 排水処理設備の全て

5. プロジェクトサイトの地質的情報

(i) 坑井 M-4 の概要

坑井 M-4 は、HHC “ELEKTRA” の地域内に位置しており、イルクーツク人工貯水池の右岸の水境界から 300 m に掘削された。坑井の掘削は 1992 年 6 月 20 日に開始され、1993 年 2 月 20 日に完成された。本地域はイルクーツクすり鉢状構造の南部縁辺部に含まれ、始生代と原生代の岩石が地表に露出する。この地域において産出するすべての堆積岩は、水に飽和している。坑井の地質的シーケンスは、主として礫岩、砂岩、シルト岩などの堆積岩からなる（表Ⅳ-3-2）。

(ii) 水理地質学的状態

プロジェクトサイトにおいて、水を保有する岩石は原生代複合体の堆積物およびジュラ紀の堆積物のみを含む。チェレムコヴォ層の 3 番目のメンバーである水を保有する層準は、深度 60～62 m において貫かれた。水を含有する岩石は、断裂の発達した砂岩およびシルト岩を含む。最上部および最下部の水を通過させない層準は同様の岩石であるが、より固結している。層準の厚さは、比抵抗測定および水消費測定から 7～15 m である。水は被圧されており、ピエゾメータの水位は、深度 17.65～20.00 m において見出される。層準の水飽和は、パイロット的な比抵抗測定および試験揚水を用いて推定される。坑井の比ディスチャージは 0.082～0.11 L/s に達し、水伝導率係数は 13 m³/日である。水の温度は 8～12.3 °C である。化学成分に関していえば、水の化学特性は Ca-Mg-HCO₃ 型、M=0.32～0.35 g/cm³ である。また、および高い濃度のメタ珪酸 (25.5～31.0 mg/dm³) をともなう。

チェレムコヴォ層の第 2 番目と第 1 番目を占める堆積物の水を保有する層準は、断裂の発達した砂岩とシルト岩であり、深度 127.6～179.5 m において貫かれた。層準の厚さは、51.9 m である。層準の最上部と最下部は難透水層の役割をはたしている、緊密な泥質岩とシルト岩を含む。水は高い圧力を有し、ピエゾメトリック水位は深度 17.65 m において見出される。層準の水飽和は、チェレムコヴォ層の 2 つの水保有層準の、総合的な採取の結果を用いて推定される。坑井の比ディスチャージは、0.11 L/s に達し、水伝達係数は 12.3 m/日である。水温は 12.3 °C である。化学成分に関していえば、水は Na-Cl-HCO₃ 型である。特別な成分として、水はフッ素 (2 mg/dm³)、メタ珪酸 (22.5 mg/dm³) を含む。

ヴェンディアン ウシャコヴウカ層の堆積物の水保有複合体は、3 つの水含有層準を含む。深度 261～299 m において、区間は先導的揚水によって採取された、チェレムコヴォ層の水含有の下部ジュラ紀層準をとともなう、これとともに、坑井の特殊なディスチャージは 0.11 から 0.15 L/s に、増大した。ピエゾメトリック水位

は、地表上の 4.55 m の高さにおいて見出された。および水伝導係数は 17 m/日に達する。水を保有する岩石は、断裂の発達した砂岩を含む。水を通過させない層は、より緊密で多様である。化学成分に関していえば、水は Na-Cl-HCO₃ 型で、M=3.0 g/cm³ をともなう。特殊な成分として、メタン (29.9 mL/dm³)、フッ素 (7.9 mL/dm³)、臭素 (12.2 mL/dm³) を含む。2 番目および 3 番目の水含有層準は深度 320~337 m 区間および 360~395 m 区間の、断裂の発達する砂岩とシルト岩において貫かれた。最上部および最下部における水非透過性レベルは同様の岩石を含むが、より密である。水保有層準は、全パイロット揚水によって採取された。坑井の比ディスタチャージは 0.47 L/s であり、水伝導係数は 65 m/s に達する。水温は 16 °C である。揚水後、ピエゾメトリック水位は、地表上 2 m の高さに見出された。化学成分によると、水は Na-Cl-HCO₃ 型で、M=2.9~3.0 g/dm³ を含む。特殊な成分として、特殊な成分としてメタン (41.4 mL/dm³)、フッ素 (7.8 mL/dm³)、臭素 (15 mL/dm³)、メタ珪酸 (15 mL/dm³) を含む。

より深部において、坑井は上部リフェアンカチエルガト層の水を含まない堆積物を貫いた。また、吸収帯を貫いたが、そのために、ピエゾメトリック水位の +0.7 m への減少、比ディスタチャージの 0.29 L/s への減少をもたらした。坑井 M-4 におけるパイロットおよびパイロットー開発的揚水結果を表に示す。

このように、坑井 M-4 は低い鉱物化 (M=2.9~3.1 g/dm³)、医学的ー飲用水の層を貫いたが、この水は化学成分からみると安定している。これらの水は、ヴェンディアン複合体のウシャコヴォカ層の堆積物中に見出される。これらの水は入浴用に適する。より進んだ探査活動により、深度 320~337m および 360~395m において、この複合体の 2 つの水保有層準が貫かれた。水は、長期間におけるパイロットおよびパイロットー実験的な揚水によって採取された。鉱物水の生産にともない、観測期間は 4 ケ月間続いた。

IV-4 本プロジェクトの相手国における位置付け

1. 政策的位置付け

社会主義時代のソ連は、都市部における暖房設備を社会的に公共性の高いインフラ設備と位置付けていた。ほぼ同一規格の暖房システムを全国に適用した。しかしこの暖房システムはかなり老朽化が進んでおり、更新の時期を迎えている。

また、暖房を必要とする冬期間が長いこと、広い面積をカバーするために配管距離が長く循環温水の温度低下が著しいことから、大量の化石燃料を消費し、必然的に燃料の消費量が著しく CO₂ 排出量も膨大である。

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、CO₂ 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。

2. プロジェクトへの関心度

対象設備の所有者である“グランドバイカル LLC”は、本プロジェクトに対して、環境面、経済面から注目している。対象設備はリゾート施設であることから、環境汚染物質の排出、騒音、設備が景観をそこなうこと等に対して非常に留意している。このような環境的側面から、クリーンエネルギー源であるヒートポンプ暖房システムの導入に興味を示している。

また、リゾート地は一般に都市から遠隔地にあり、電力の配電網の系外にある場合もある。この場合、石炭や重油をトラック等で運搬しているため、運搬費がかさんでいる。また電力を使用して温水造成をしているため、エネルギー効率が低い。このような経済的側面から、よりコストの低い暖房システムを求めている。イルクーツク州は広大であるが、その人口分布は偏っている。すなわち、人口はシベリア鉄道や幹線道路などの交通網の発達した地域に集中し、都市が発達し、産業活動が盛んである。これに対して、交通網から取り残された地域、特に州北部は人口密度はロシアの平均人口密度のほぼ 10 分の 1 と低く、産業も未発達である。イルクーツク州政府にとって、以下に遠隔地の地域開発を進めるかが重要な経済問題である。この観点から、燃料運搬等の必要がないヒートポンプ暖房システムの普及に興味を示している。

3. 相手側のプロジェクト遂行能力

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 (以下、BBL)”である。BBL は、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。BBL はイルクーツクエネルゴの関連会社であり、その観光産業部門を発展させた企業体である。イルクーツク州内の数地点に、大規模でかつ近代的なリゾート施設を保有し、運営している。施設の運営状況からみて、温水暖房システムの建設と及び運営能力は十分である。

ロシア科学アカデミー(以後、RAS)は総合的な国立の科学技術研究組織であり、そのシベリアセンターはイルクーツク市に所在する。RAS シベリアセンターのスタッフは約 3,000 人(そのうち研究者は 1,200 人)であり、13 の研究所から構成され、本調査に参加した機関は“エネルギーシステム研究所”である。エネルギー研究所は、エネルギーと物理-技術的システムに関する総合的な調査研究を行っている。すなわち、イルクーツク州とロシア連邦における燃料とエネルギーの多種多様な問題(電力、熱-石油-ガス供給システム、石炭産業、核エネルギー及びそれらと関係するエネルギー技術と装置)に取り組んでいる。本研究所の活動は、科学的基盤とメカニズムを提供することによるロシアとイルクーツク州におけるエネルギー政

策の実現化、及びエネルギーシステム、エネルギー設備とその管理のための理論化を含むものである。

イルクーツクエネルギーは、イルクーツク州の電力と熱供給の大部分を供給している会社である。JSC イルクーツクエネルギーは、株式会社である。ロシア連邦の大統領令 No.721 にしたがって組織された。電力は水力発電と火力発電（石炭火力）である。規定出力は 12900Mwe であり、電圧は 500kV である。火力発電所は東シベリアの露天掘りで採掘された石炭を使用する。電力体系は発電できる年間電力量が 700 億 kW/h 以上、火力量が 4600 万 Gcal である。

その他に市内・長距離電話、移動無線連絡、インターネットサービス、建築工事中の無線連絡を行っている。バイカルビジネスセンターは、シベリアで最大のビジネス旅行客のための団体である。イルクーツクエネルギーは、バイカルビジネスセンターの大株主である。

4. プロジェクト技術移転方法

今回の調査により、大部分の機械設備及び電気設備は、すべてイルクーツク州内あるいはロシア連邦内で調達することができることが判明した。しかし、個々の機械設備及び電気設備の組み合わせからなる温水造成・供給システムは先進的なシステム技術であり、基本計画の立案、システム設計、設備工事の施工監理、試運転と設備修正において日本側の技術が必要である。この設計、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. 生態学的影響の推定

ヒートポンプ設備が実現した場合、CO₂ 汚染削減の容量の推定において、HHC” ELEKTRA” の、ボイラーハウスのための電力は石炭火力発電所（ノヴォ イルクーツク熱電プラント）から分配される、と仮定される。2003 年における電力記録によると、1 kWh の電力を生産するために、石炭相当で 309.98 グラムの燃料が燃焼された。計算の結果によると、この発電所における石炭混合燃焼に対する CO₂ の特殊な汚染は、石炭相当において 1 グラムあたり 2.83 グラムの CO₂ を発生する。ノヴォ イルクーツク石炭火力発電所の、この平均的な比 CO₂ 汚染は 877.24 g(CO₂)/kWh である。ヒートポンプ事業が実現した場合、HHC” ELEKTRA” における現在の電力消費の減少は、ノヴォ イルクーツク水力発電所における総合電力生産に比較は難しい。それは 1 kWh の電力生産に対する特殊な燃料消費の変化を無視することが許容される。HHC” ELEKTRA” において、877.24 g(CO₂)/kWh レベルにおいて電力消費の減少する場合には、この場合は、CO₂ 汚染削減を受け入れることは可能である。

ヒートポンプ計画の稼働している期間と地域における、水の摂取量の増大、地下水と地表水（アンガラ川）の摂取量と流れ、温度の低下、大地の侵害、および目的

とする建設における汚染、生態系の損等は、他の生態学的な影響増加に帰することが考えられる。最大の生態学的な必然性は、摂取量および水の流動の増大と予想される。アンガラ川からの水の使用にもとづく提案された仕事サイクルにおいて、水は摂取量と比較し得る同一のあるいは明確化された条件下において流動させられる。地下水の場合において、水の使用後の温度および地下土壌様式が変化する。これは、時期的な影響に従う非可逆的必然性という結果になりえない。これは、自然状態での年間の地温変化にスケールの比較できない。

ヒートポンプ設備建設の過程は、自然の過程（火事、洪水、旱魃）のスケールからすれば短いと評価される。建設の期間のほかに、地方特有の問題はないと考えられる。ヒートポンプ設備の建設の期間に乱された生態系は、2～3年において回復すると見込まれる。

6. 社会的影響の推定

HHC” ELEKTRA” の熱供給システムのための、ヒートポンプ設備の設計と建設は、建設期間中において、定常的な付加的な構造と装置の運転期間中における、一時的な仕事の場所の創造をもたらす。設置される新しい設備の高度な技術レベルを考慮にいれると、新しい仕事の場所は個人的に高度な質を要求するべきである。事業が成功し実現する場合、それは州および地方におけるいわゆる着実な社会の発展という、普及のための明白な事例になる。開発のみならず、および与えられた事業の共同の実現化は、ロシアと日本の人々の代表者が、多様なレベルにおいてより緊密な交流と許容する。

IV-5 プロジェクトの技術内容

1. ヒートポンプ

(i) ヒートポンプの原理

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。ヒートポンプは、R134a, R407c等の冷媒を用いて作動する。冷媒はヒートポンプで吸熱をとまなう蒸発と、発熱をとまなう凝縮を繰り返し、水や空気などの熱源と冷暖房に使用する冷温水などの供給媒体との間で熱の授受を行う。

(ii) ヒートポンプによる暖房

ヒートポンプによる暖房は、以下の過程で行われる（図IV-5-1）。

蒸発過程：熱源水から冷媒への熱移動。

熱交換により、冷媒は熱源から熱をうばって蒸発する。逆に、熱源は冷やされる。

圧縮過程：冷媒の温度圧力上昇。

冷媒は圧縮機により圧縮され、圧力が上昇する。圧力が上昇することにより、冷媒の温度は上昇し、供給媒体に熱を与えやすい状態になる。

凝縮過程：冷媒から循環水への熱移動

熱交換により、冷媒は供給媒体に熱を与え凝縮する。これにより供給媒体は温度が上昇し、暖房に利用される状態になる。

膨張過程：冷媒の温度圧力低下

冷媒は膨張弁をとおって膨張し、圧力は低下する。圧力が低下することにより、冷媒の温度は低下し、熱源から熱を受け取りやすい状態になる。

(iii) ヒートポンプによる冷房 (図IV-5-2)

蒸発過程：冷媒から循環水への冷熱移動

冷媒は、循環水から熱を得て蒸発する(液体→気体)これにより循環水は冷却され、冷房に利用することができる。

圧縮過程：冷媒の温度圧力上昇

冷媒は圧縮機により圧縮され、圧力が上昇する。圧力の上昇により冷媒の温度も上昇し、熱源水に熱を与えやすい状態となる。

凝縮過程：熱源水から冷媒への熱移動

冷媒は熱源水により冷却され、熱を与えて凝縮する(気体→液体)。熱源水の温度が低いほど冷媒は凝縮しやすいので、効率が高くなる。逆に、熱源は暖められる。

膨張過程：冷媒の温度圧力低下

冷媒は膨張弁を通して膨張し、圧力は低下する。圧力が低下することにより冷媒の温度も低下し、循環水から熱を得やすい状態になる。

2. ヒートポンプの熱源

ヒートポンプによる熱源として、地中熱交換井、河川水、地下水、水排水、温泉等があげられる。

(i) 地中熱交換井

バイカル湖周辺地域は地下からの熱流量が周辺に比べて大きく、地中熱を利用したヒートポンプシステムの適用に適している。本地域において暖房・給湯のための熱源として地中熱ヒートポンプシステムの適用を検討し、数値シミュレーションにより必要な地中熱交換井の仕様を検討した。大深度の地中熱交換井の使用は、スイス等で行われている(Kohl et al,2000等)。

(1) 地中熱交換井の仕様

本地域の地層温度は、深度に対してほぼ直線的に上昇し、温度勾配は $2.3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 程度であり、深度 $1,000\text{ m}$ で $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 程度である（図IV-5-3）。このような温度分布から、本地域は岩盤の熱物性がほぼ均一であり、地下水や熱水による自然対流はなく、熱伝導で地下深部から地表にむかって熱が伝達されていると考えられる。

深度 200m 以浅の温度は 5°C 前後と低く、浅い地中熱交換井ではヒートポンプ入力用の熱源水を得ることができない。したがって、より深部まで地中熱交換井を掘削する必要がある。ただし、井戸の深度が深くなると、掘削費は指数関数的に増大する。ここでは、温度と掘削費を考慮して、地中熱交換井の深度を $1,000\text{ m}$ とした。

また、熱交換器は、井戸の深部で熱交換して温度上昇した循環水をできるだけ温度低下させないために、内管に断熱素材を用いた同軸熱交換器を想定した。

(2) 地層の熱物性

数値シミュレーションを行うために必要な地層の熱物性は以下のとおりである。

本地域の地層は古生代よりも古い堆積岩からなり、非常に緻密で一様な岩石である。坑内温度分布から、熱伝導率はほぼ均一と考えられる。また、本地域の熱流量は $50\sim 75\text{ W/m}^2$ である。この熱流量と温度勾配 ($2.3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) から、地層の熱伝導率は 2.6 W/m/K 程度と推定される。

その他の岩石物性値は一般的な値を採用し、密度= $2,600\text{ kg/m}^3$ 、比熱= 962 J/kg/K とした。地層の温度分布は、WELL-2 の温度分布を用いた（図IV-5-3）。

(3) 負荷の設定

ヒートポンプの稼働期間は、3~4 月が暖房用、5~8 月が給湯用、9~11 月が暖房用であり、負荷は暖房期間で約 2 MW 、給湯期間で 0.2 MW である（図IV-5-4）。これらの期間中は設定した負荷で、ヒートポンプは 24 時間連続して稼働するものとした。

ヒートポンプ単体の COP（ヒートポンプ効率）は約 2.8 であり、地中からの採熱量は図IV-5-4に示した値よりも少なく、暖房期間で 1.3 MW 、給湯期間で 0.13 MW である。

(4) シミュレータ

数値シミュレーションは、熱伝導計算を主として取り扱える有限差分法によるシミュレータを使用して実施した。シミュレーション用グリッドは軸対称モデルとし、井戸近傍では分割を密にし、遠方で粗となるように設定した（図IV-5-5）。

(5) シミュレーション結果

設定した負荷を約 20 年間継続した場合、循環水温度が河川水と同レベルの 4°C 程度以上を保つことができる最大負荷を求めた。

この結果、深度 1,000 m の熱交換器の場合、最大負荷は約 20 kW で採熱可能と推定される。ヒートポンプ稼動時の循環水の温度変化を、図IV-5-6に示す。これから、運転開始後約 8 年間は温度低下が大きい、その後の温度低下は小さく、20 年以降も運転可能と考えられる。

運転開始前、開始後 5 年後、10 年後、20 年後の地層温度分布を、年間で最も地層温度が低くなる 11 月時点について、図IV-5-7に示す。運転開始後 20 年後の地層温度分布は、井戸近傍で顕著な温度低下が認められるが、井戸から 5 m 程度離れると温度低下はごく小さい。これから、複数の地中熱交換井を配置する場合、距離を 10 m 程度離すことによって井戸間の干渉を抑えることが可能と考えられる。

以上のシミュレーション結果から、出力 2 MW の地中熱ヒートポンプで暖房期間の負荷に対応する場合、1.3 MW の熱交換能力が必要であることから、深度 1,000 m の地中熱交換井は 65 本必要と推定される。したがって、経済的に検討すると、イルクーツク州のような極寒地域では地中熱交換井によるヒートポンプシステムは価格的に適用困難と考えられる。

(ii) 河川水

プロジェクトサイトはアンガラ川の河岸近傍に位置する。

アンガラ川の水温は、年間を通じてほぼ 4°C で一定している。また水量は非常に豊富であることから、本調査ではアンガラ川の河川水を熱源とした。

(iii) 地下水

本地域は、地層が緻密であり割れ目に富んでいないため、地下水は豊富ではない。また温度も日本に比べて低いため、ヒートポンプの熱源として適切とはいえない。

(iv) 水排水

イルクーツク州では、下水処理をかなり徹底して行い、河川あるいは湖沼に放流している。排水処理場では細菌による浄化を行っている施設もあり、その場合高圧空気を送入することから排水温度が 12~16°C とかなりの温度になる。例えば、スルディアンカ市ペレヴァルでは、6,000 m³/日の処理能力を有する排水処理システムが稼動している。このような排水は、温度および流量からみてヒートポンプの熱源になりうる。

ただし、プロジェクトサイト (HHC “ELEKTRA”) では処理排水が 350 m³/日とあまり大きくないことから、ヒートポンプの熱源には適さないと考えられる。

(v) 温泉水

イルクーツク州東部のバイカル湖周辺はリフトゾーンであり、周辺地域に比べて熱流量が大きい (50 mVt/m² 程度)。特にバイカル湖東岸地域は、温泉が自然湧出している。このような温泉水は、ヒートポンプの熱源として好適である。

3. ヒートポンプによる省エネルギー技術

現時点では、ヒートポンプによる温水の造成温度は最高 55°C程度までである。これ以上温度の高い温水を得ることも可能であるが、ヒートポンプ効率が低下する。

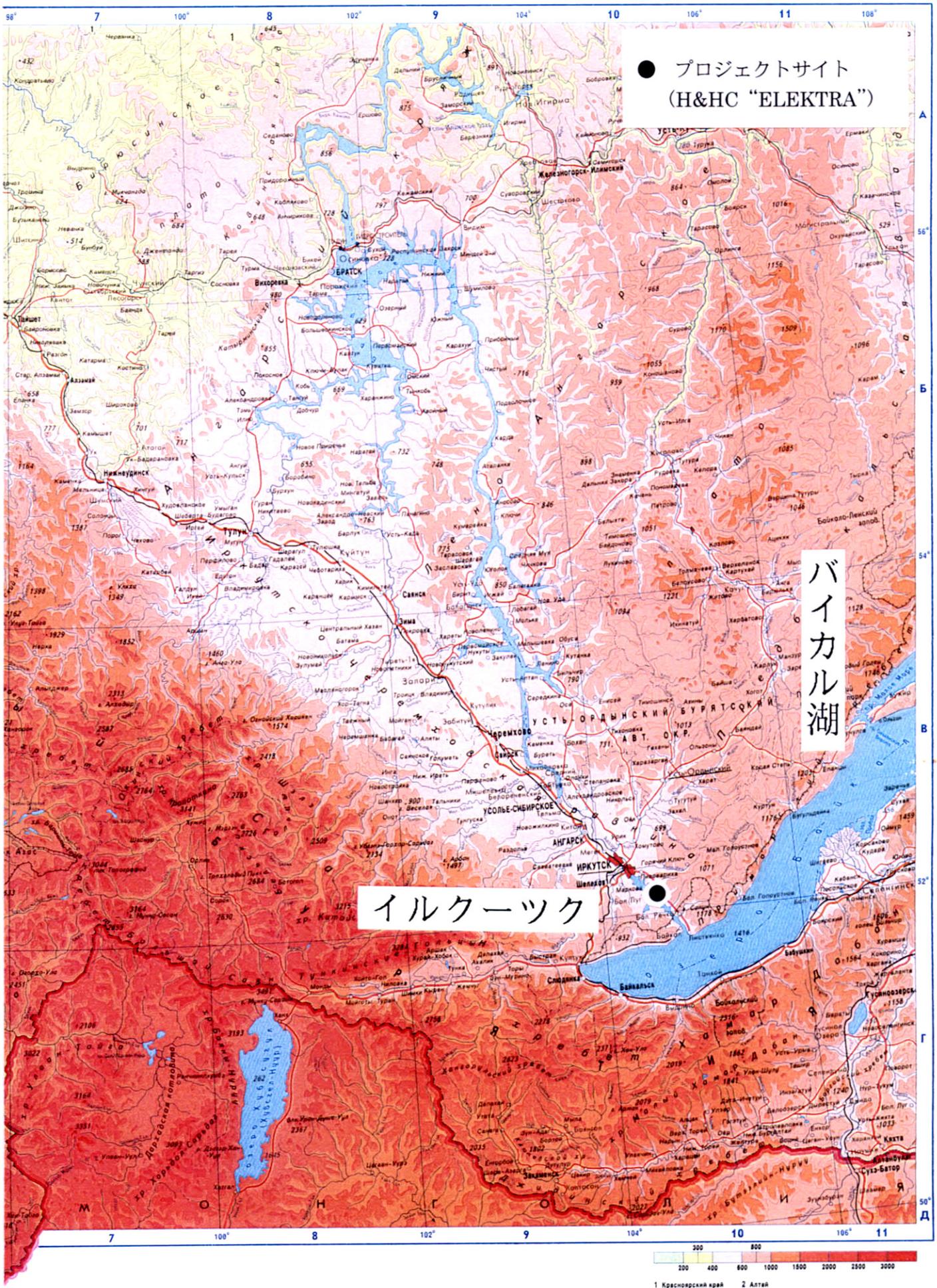
プロジェクトサイトにおける温水温度と温度分布を、図V-2-2に示す。本プロジェクトでは、ヒートポンプにより原水および戻り温水を 55°Cまで昇温し、電気ボイラーで循環温度までさらに昇温させるシステムである。

ヒートポンプも電気ボイラーも電力を消費するが、電気ボイラーのみで温水造成を行う場合に比較して、消費電力量は 47%に低減することができる。これは直接省エネルギー効果をもたらす。

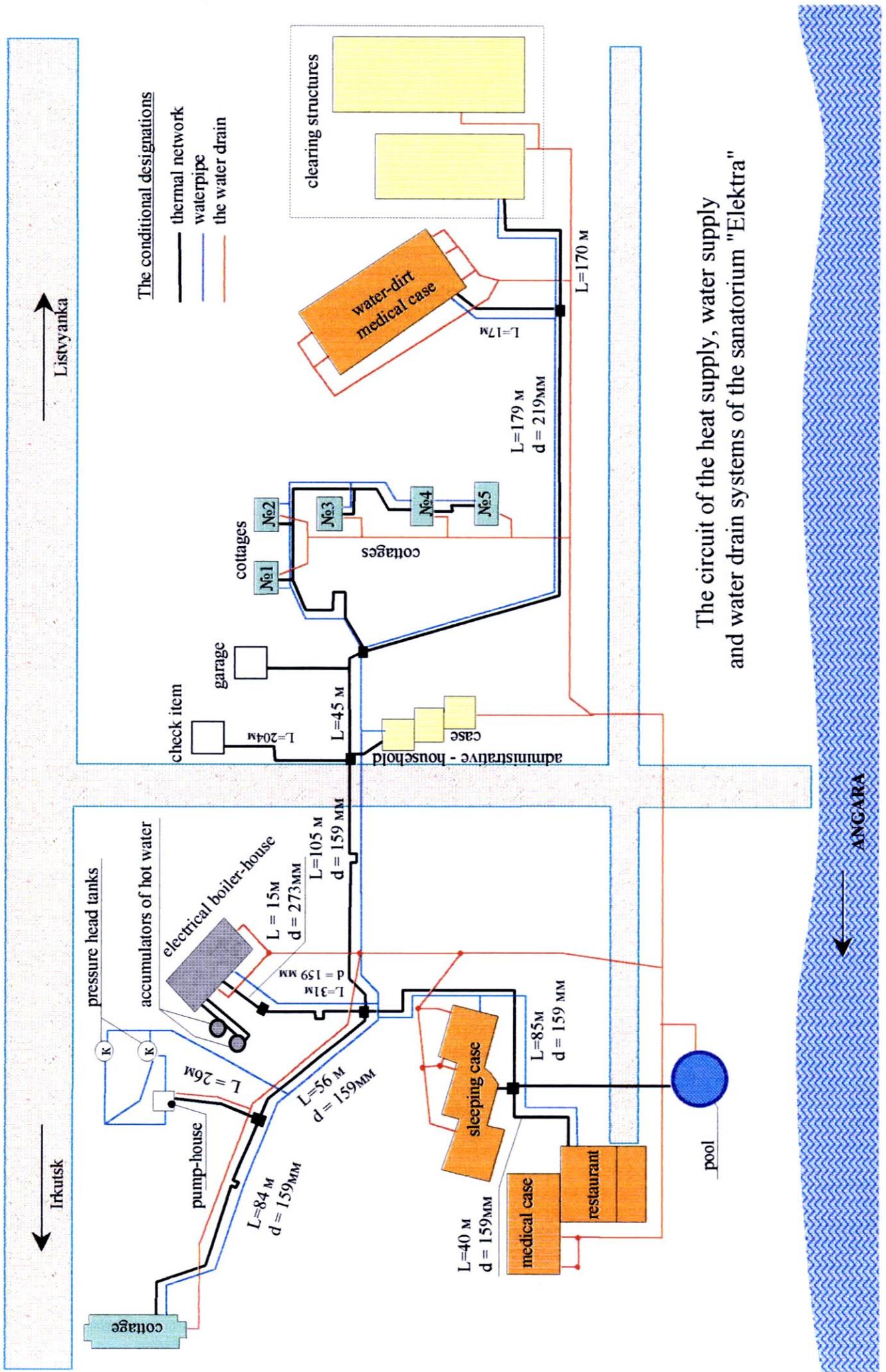
4. ヒートポンプによる温室効果ガス削減技術

上述のように、ヒートポンプシステムの採用により、暖房・給湯設備における消費電力量を従来の 47%まで低減することが可能である。

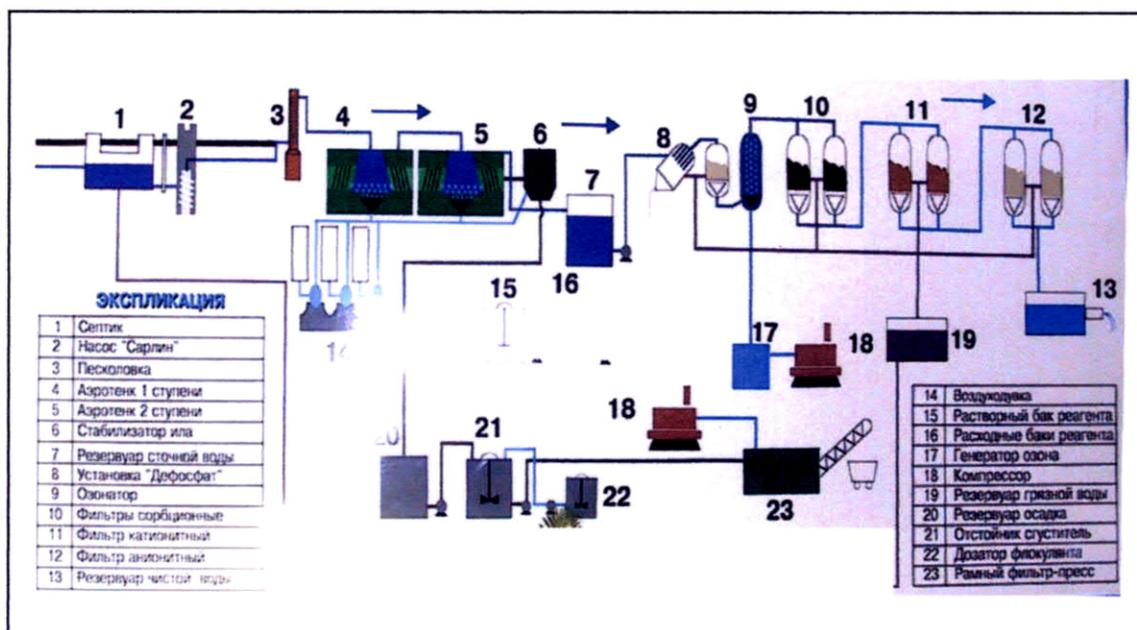
プロジェクトサイトに供給される電力は、JSC イルクーツクエネルギーの石炭火力発電所から供給される。この火力発電所の CO₂原単位は 1.9 kg/kWh であり、発電価格は 13.33 cents/kWh である。したがって、ヒートポンプシステムの適用により、消費電力量を低減し、ひいては CO₂排出量を削減することが可能となる。



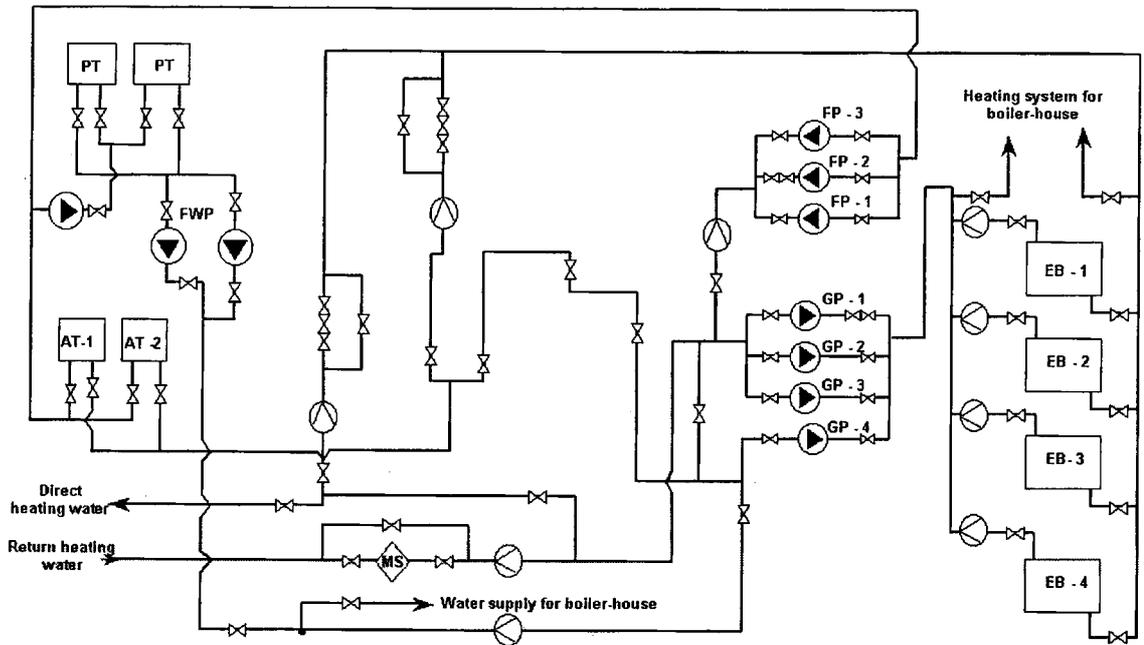
図IV-2-1 プロジェクトサイト位置



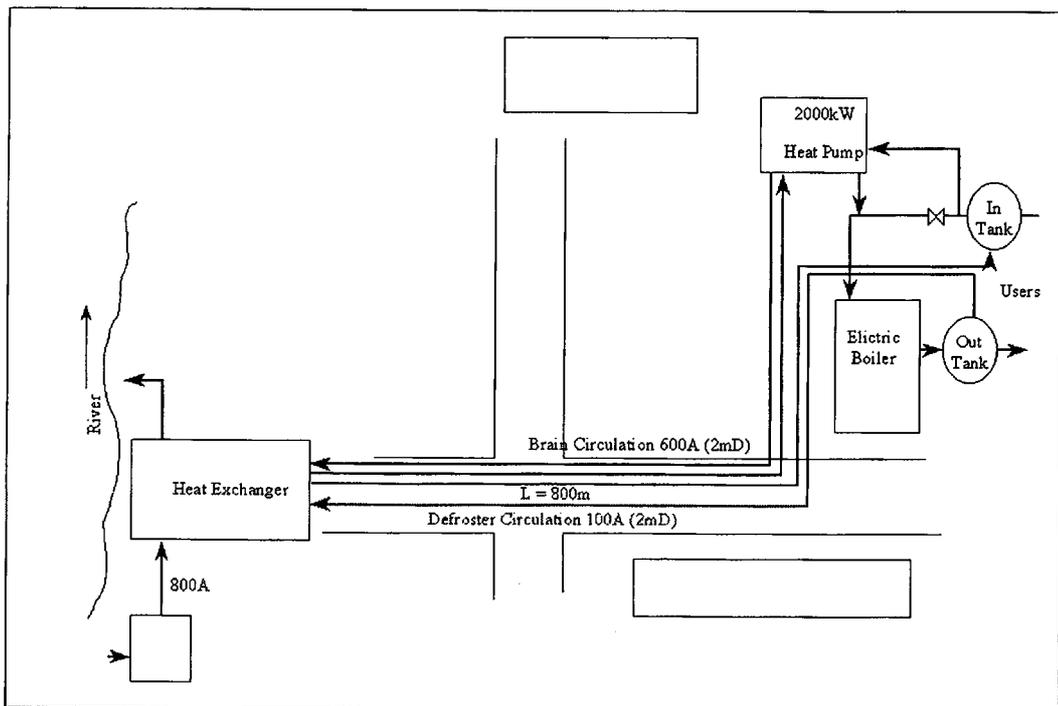
図IV-3-1 HHC "ELEKTRA" のヒーティングシステム



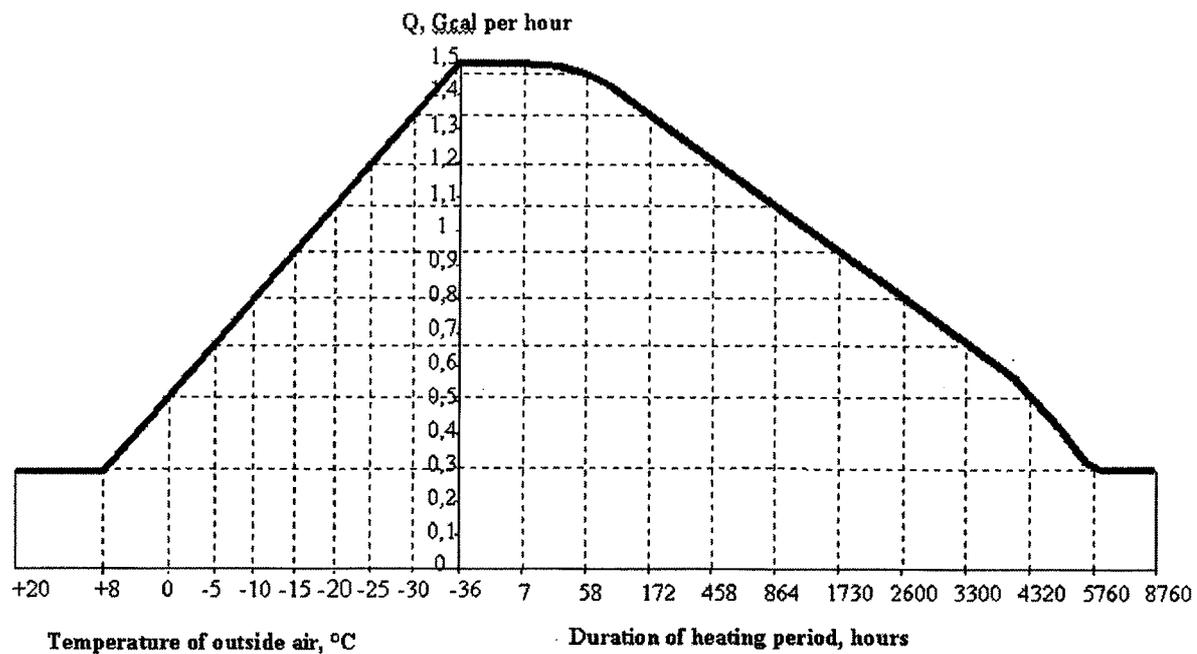
図IV-3-2 ННС "ELEKTRA" の排水処理システム



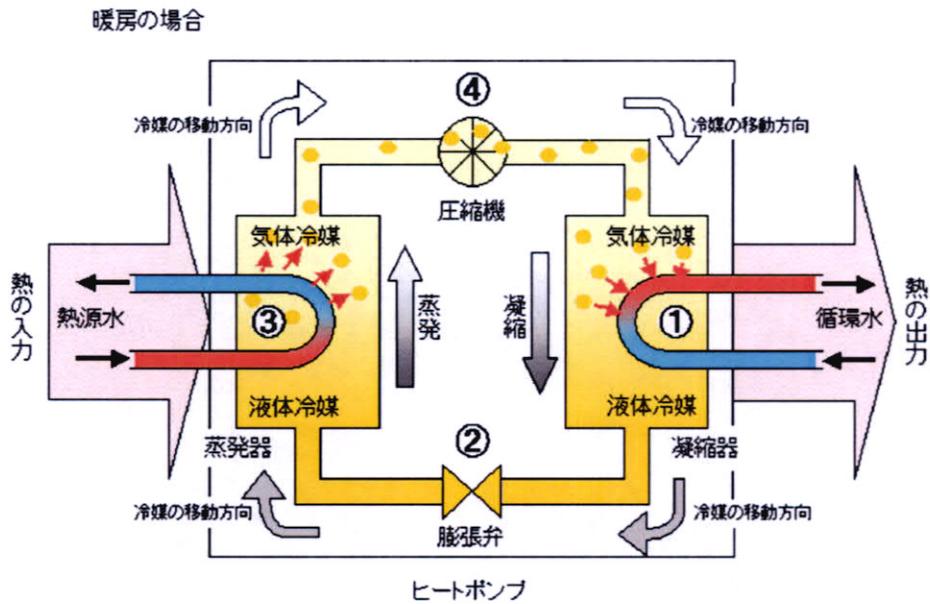
図IV-3-3 HHC “ELEKTRA” のボイラーハウス



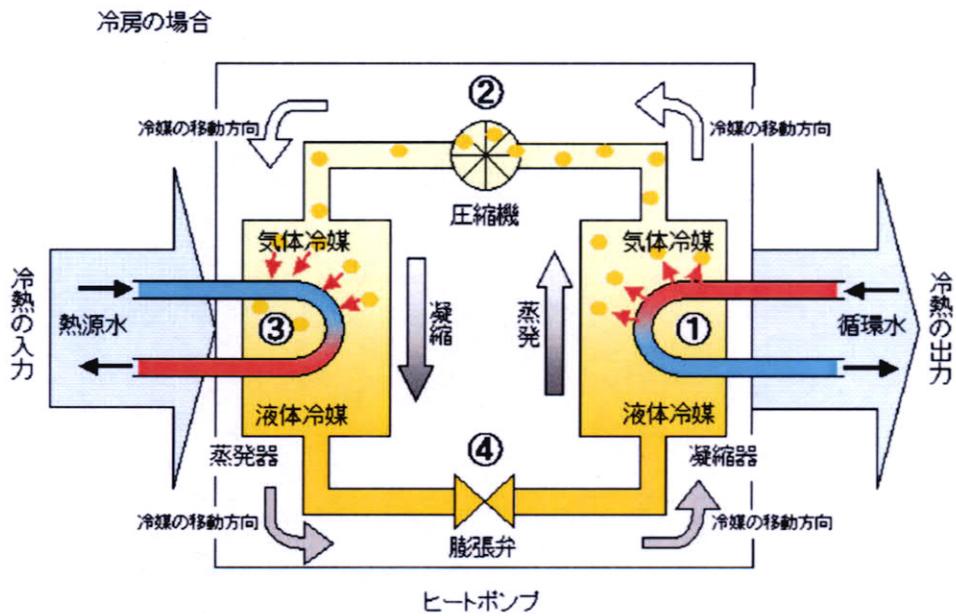
図IV-3-4 HHC “ELEKTRA” のヒートポンプシステム



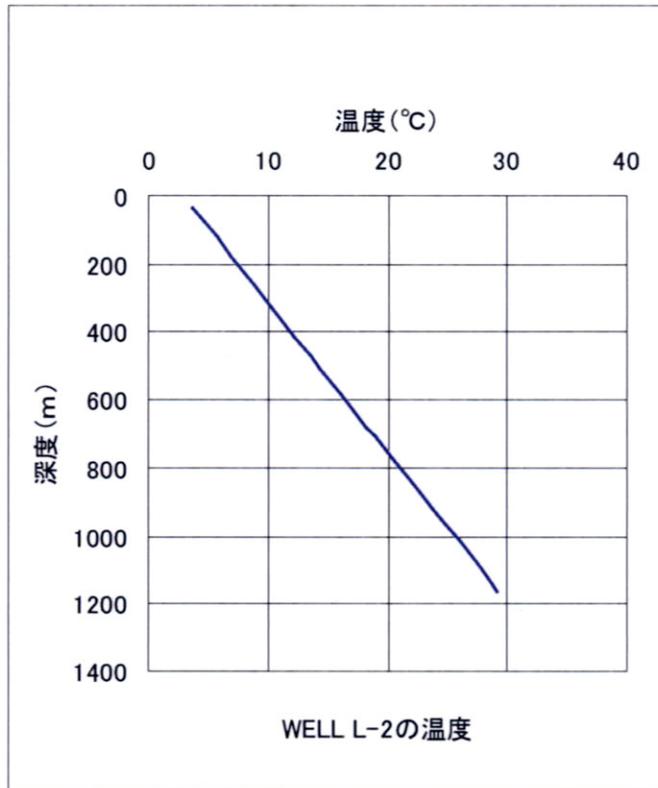
図IV-3-5 暖房期間における熱負荷ダイアグラム



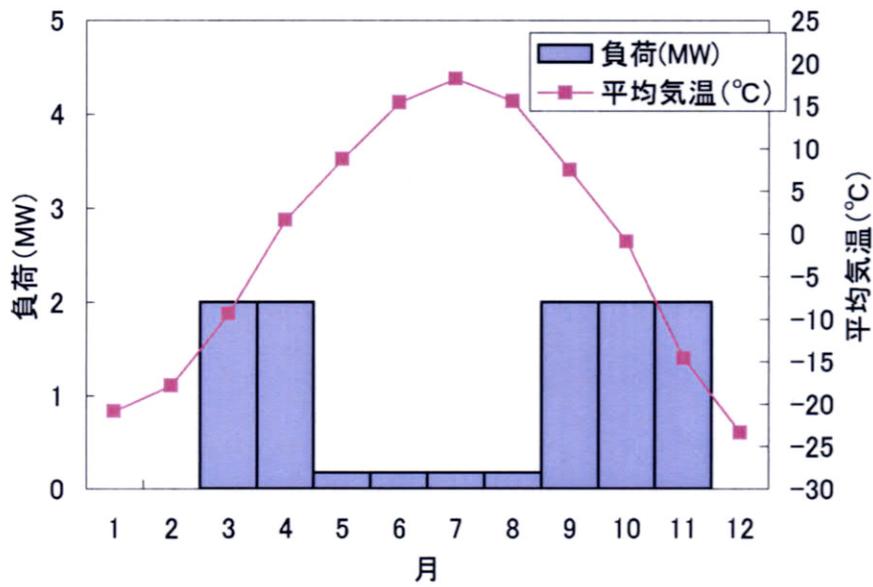
図IV-5-1 ヒートポンプの原理 (暖房)



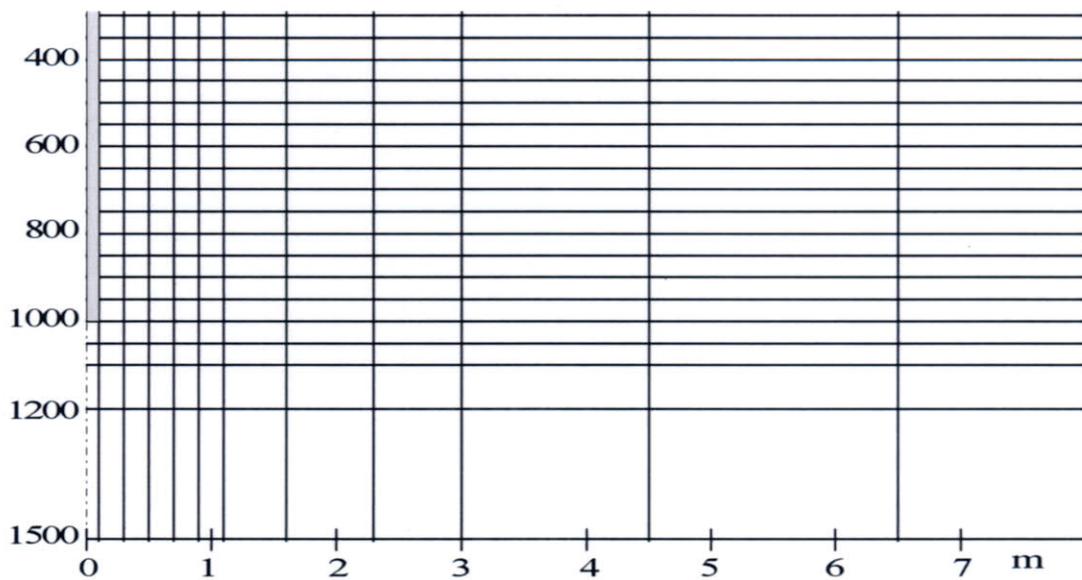
図IV-5-2 ヒートポンプの原理 (冷房)



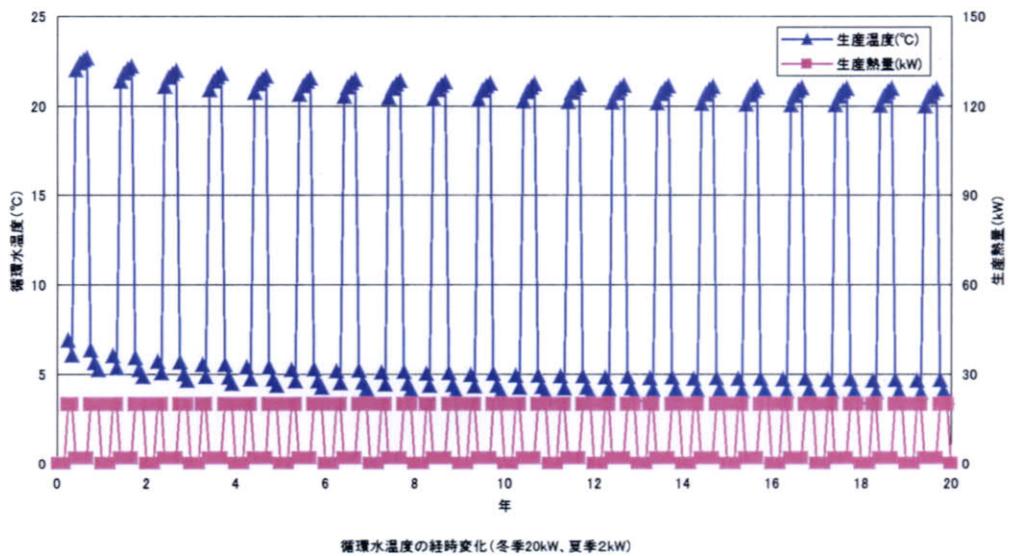
図IV—5—3 WELL L-2 の坑井内温度



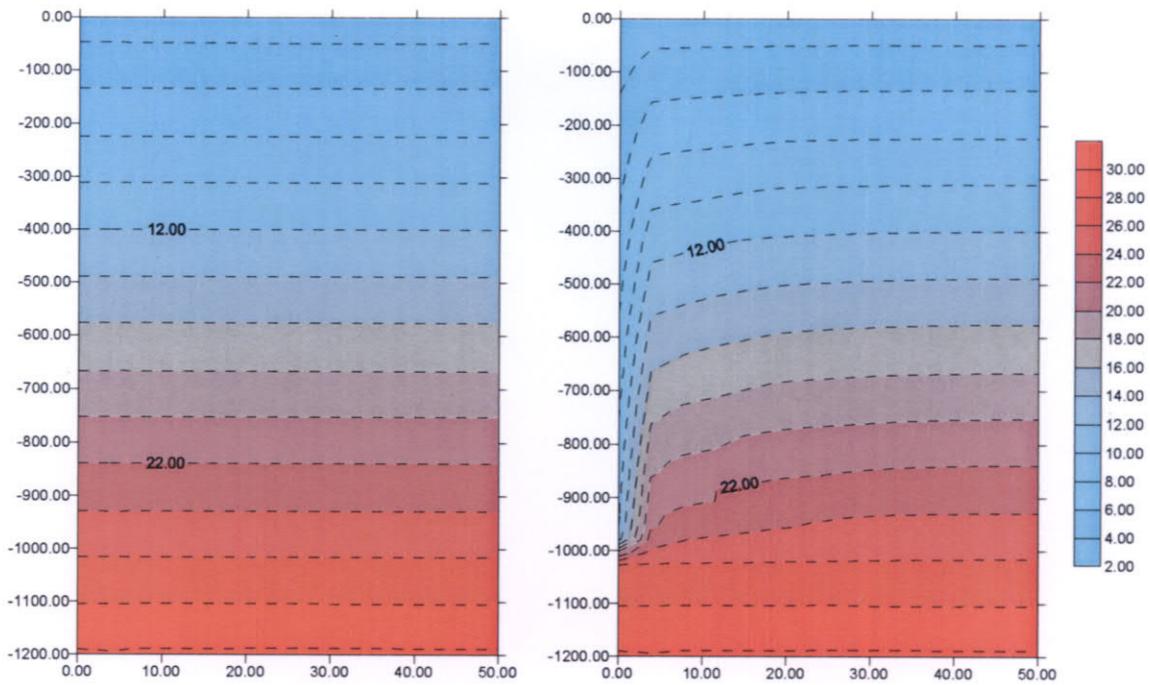
図IV—5—4 イルクーツクの気温と負荷設定



図IV-5-5 シミュレーション用グリッド



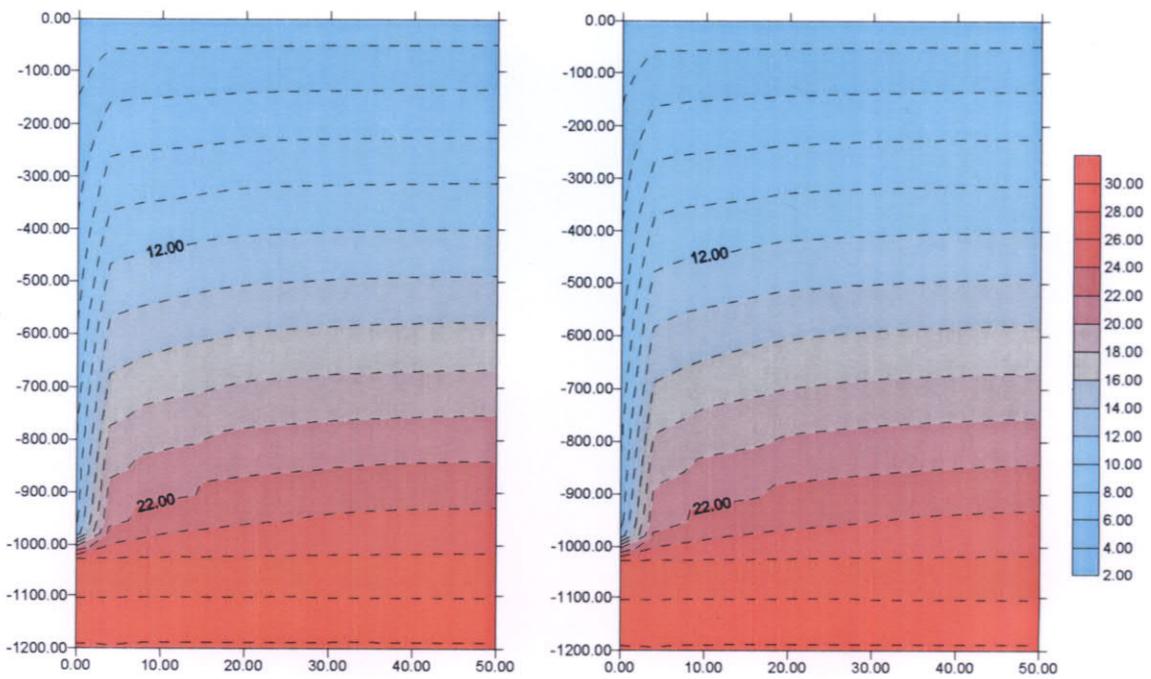
図IV-5-6 ヒートポンプ運転中の循環水温度の経時変化



運転開始以前

運転開始5年後

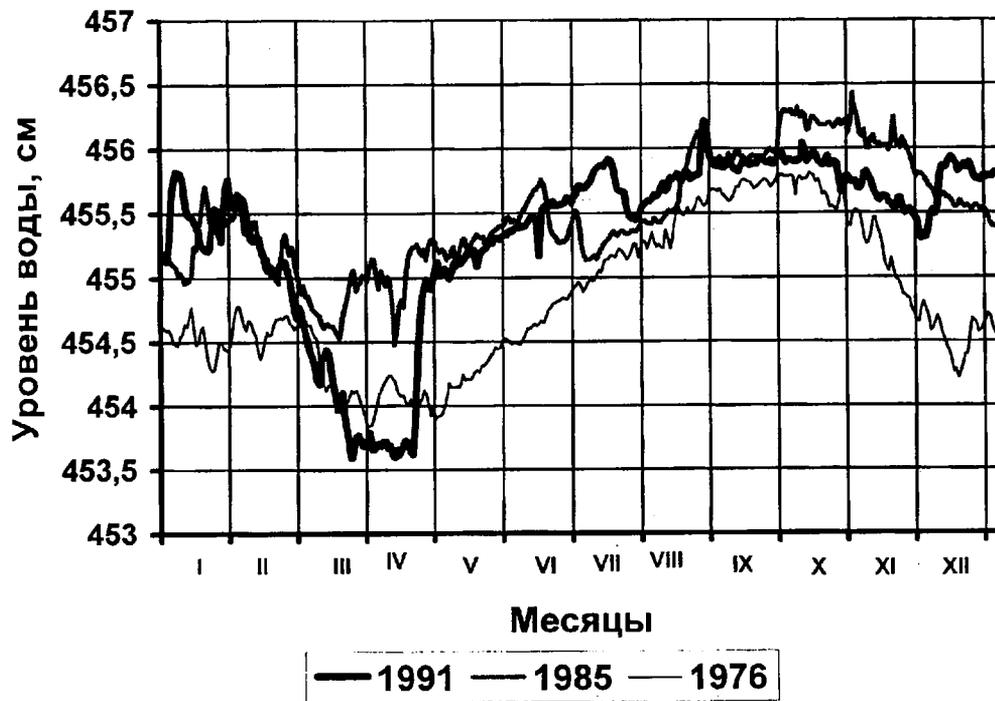
図IV-5-7 (1) 地中熱交換井周辺の地層温度分布 (その1)



運転開始10年後

運転開始20年後

図IV-5-7 (2) 地中熱交換井周辺の地層温度分布 (その2)



図IV—5—8 アンガラ川の水位変化

表IV-3-1 坑井M-4の地質構成

Rock description	Depth of occurrence (m)	
	from	to
Clay	0	6
Gravel-pebble sediments with sandy-clayey filling	6	27.5
Alternation of sandstone on siliceous-carbonate cement with siltstone. Coal intercalation.	2.75	70.0
Alternation of sandstone, siltstone, argillite. Rare intercalation of coal. Cement of sandstones is siliceous-carbonate. The rocks are fissured.	70.0	160.0
Alternation of sandstone, conglomerates, siltstones	160.0	180.0
Conglomerates	180.0	186.6
Siltstones, sandstones	186.6	201.3
Siltstones with rare sandstone intercalation. The rocks are weakly fissured	201.3	259.0
Fine-grained sandstone, quartz-feld spar on the siliceous-carbonate cement. Weakly fissured	259.0	365.7
Fissured quartz-like siltstone	365.7	395.0
Calcareous siltstones with intercalation of argillites, dense, weakly cemented	395.0	415.0
Dark-gray, weakly fissured dolomite	415.0	434.2
Weakly fissured siltstone	434.2	461.5
Dolomite with lenses of calcite, weakly fissured	461.5	507.0
Clayey sandstone on the micaceous cement with rare intercalation of siltstone	507.0	550.0

表IV-3-2 坑井M-4における揚水試験結果

Depth m	Sampling interval	Accepted decrease of water- bearing horizon	Dates			Duration, hours total	Static level, m	Dynamic level, m	Decrease, m	Debit, l/s	
			Pumping		Restoration of the level						
			start	ending	start	ending					
Pilot-continuous pumping											
550	318-550	320-377 360-395	01.03.93	29.04.93	29.04.93	05.07.93	1440-00	+0.70	15.30	16.0	2.00
Pilot-experimental pumping											
550	318-550	320-377 360-395	06.07.93	10.08.93	10.08.93	14.08.93	826-00	+0.7-	6.40	7.10	3.00
Depth m	Sampling interval	Specific discharge l/s	Thickness of water- bearing horizon	Radius of the well, m	t, °C water	KM m ² /d day	Mine- raliza- tion g/dm ³	Formula of the chemical composition	Specific components		
Pilot-continuous pumping											
550	318-550	0.12	52.0	0.045	16.0	12.6	2.9-3.1	M _{2.9-3.1} Cl ₇₁₋₇₃ HCO ₃ 27-29 Na 95-96 Ca 2-3 Mg 2	F - 6.9—9-2 Methane - 63.79 ml/dm ³ Bromine - 10.6-11.2 mg/dm ³		
Pilot-exploitation pumping											
550	318-550	0.42	52.0	0.045	14.3	-	2.9-3.1	M _{2.9-3.1} Cl ₇₂₋₇₅ HCO ₃ 27-29 Na 95 - Ca 2 Mg 2	F - 7.1 mg/dm ³ Methane - 62.11 ml/dm ³ Bromine - 11.97 mg/dm ³		

表Ⅳ－３－３ HHC “ELEKTRA” における熱エネルギー生産
(2003 年度)

Month	Total, Gcal	including	
		heating	hot water
January	924	590	334
February	881	562	319
March	502	320	182
April	522	333	189
May	362	231	131
June	206	-	206
July	210	-	210
August	150	-	150
September	278	178	101
October	630	402	228
November	700	446	253
December	850	542	308
ALL	6215	3604	2611

V. ベースライン方法論

V. ベースライン方法論

V-1 ベースラインシステム

本プロジェクトの概要を、図V-1-1, 2, 3に示す。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。

現在、プロジェクトサイトで使われている電気は全て石炭火力発電所からの電力である。当該サイトでは、暖房および給湯に全て電力を使用している。本プロジェクトにおいては以上の理由により、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。

水力発電は、イルクーツク州において大規模な水力発電所が稼働しているが、それらの電力は全て大型の工場で使用されていることから、プロジェクトサイトにおけるベースラインとしなかった。

ロシアが積極的に開発を進めている天然ガスは、輸出を前提として開発されている。その一部は地元で使用することも議論されているが、燃料コストが高く経営的に成り立たない。このため天然ガスの地元利用の実現性は低く、ベースラインとしなかった。

また、重油ボイラー発電は、天然ガスと同様に経営的問題からベースラインとしなかった。

V-2 ベースラインの詳細

ベースラインの詳細に関しては、UNFCCCのCDMホームページにおいて公開されているCDM Project DocumentのAnnex3「New Baseline Methodology」に沿った様式で、以下に記載する。実際のプロジェクト設計書におけるベースライン設定に際しては、本プロジェクトはJIプロジェクトであるが、小規模CDMプロジェクトに類似するので簡易な手続きが適用されることが考えられる。この手続きの場合、本プロジェクトの実現化において大きな利点となりうる。

Annex 3

NEW BASELINE METHODOLOGY

(The baseline for a CDM project activity is the scenario that reasonably represents the anthropogenic emissions by sources of greenhouse gases that would occur in the absence of the proposed project activity. A baseline shall cover emissions from all gases, sectors

and source categories listed in Annex A of the Kyoto Protocol within the project boundary. The general characteristics of a baseline are contained in para. 45 of the CDM M&P.

For guidance on aspects to be covered in the description of a new methodology, please refer to the UNFCCC CDM web site.

Please note that the table “Baseline data” contained in Annex 5 is to be prepared parallel to completing the remainder of this section.)

1. Title of the proposed methodology:

河川水利用地中熱ヒートポンプによる地域暖房・熱供給事業

2. Description of the methodology:

2.1. General approach (Please check the appropriate option(s))

- Existing actual or historical emissions, as applicable;
- Emissions from a technology that represents an economically attractive course of action, taking into account barriers to investment;
- The average emissions of similar project activities undertaken in the previous five years, in similar social, economic, environmental and technological circumstances, and whose performance is among the top 20 per cent of their category.

2.2. Overall description (other characteristics of the approach):

プロジェクトサイトでは、暖房および給湯は全て電気ボイラーにより造成された温水を利用して行われている。また、電気ボイラーのための電力は、石炭火力発電所において生産されるため、多量のCO₂ガスを排出している。電気ボイラーによる暖房・給湯システムの一部をヒートポンプ熱源に変更することで、CO₂排出量の削減に結びつく。プロジェクトサイトでの設備運営は、既存の暖房、給湯システムを使用することが可能である。

3. Key parameters/assumptions (including emission factors and activity levels), and data sources considered and used:

プロジェクトサイトでは、年間約 7,228 MW の電力を暖房と給湯に使用しており、このため 4,655 ton の石炭を石炭火力発電所で燃料として消費している。この消費量は、年により多少の変動はあるもののほぼ平均的な使用である。システムは現在 50 % の稼働であるので、数年間の使用実績を考慮した計算に基づき、100 %稼働した場合の石炭使用量を求めた。

4. Definition of the project boundary related to the baseline methodology:

(Please describe and justify the project boundary bearing in mind that it shall encompass all anthropogenic emissions by sources of greenhouse gases under the control of the project participants that are significant and reasonably attributable to the project activity. Please describe and justify which gases and sources included in Annex A of the Kyoto Protocol are included in the boundary and outside the boundary.)

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。CO₂ 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、暖房・給湯システムを全面的に改造するのではなく、ヒートポンプで供給可能な温度範囲の温水造成についてヒートポンプを適用するものとする。これにより、電力消費量を低減し、最終的に CO₂ ガスの節減を目的とする。

システムは、ヒートポンプによる温水造成が基本となることから、上流側はアンガラ川から河川水を汲み上げる部分（取水ピット、熱交換部、ブライン移送管）からとなる（図 V-1-1）。システムの下流側は、ヒートポンプで戻り水が加熱され、その温水は従来の電気ボイラーへインプットされ、必要温度まで加温されて給湯される。給湯される温度は従来の温度と同じであることから、システムの変更はない。

プロジェクトバウンダリー内では、既存の電気ボイラーによる給湯を行うことから、システムの運転は従来と全く同一である。しかしながら、ヒートポンプにより造成できる温水の最高温度が 55 °C であることから、循環戻り水を 55 °C まで昇温する仕事が必要である。この仕事は、ヒートポンプのシステム効率 (COP) が 2.1 であることから、ヒートポンプにより給湯水の温度を上げることで、CO₂ ガスの排出量はほぼ半減される。COP は、ヒートポンプの他、循環ポンプなど関連設備の使用電気量を含めた係数である。

ヒートポンプのシステム効率を下表にしめす。

	出力@ k W	入力@ k W	台数	出力 k w	入力 k W	COP
ヒートポンプ	666	235	3	1998	705.0	
ブラインポンプ		55	3		165.0	
熱原水ポンプ		18.5	2		37.0	
沈砂排水ポンプ		3.7	1		3.7	
温水ポンプ		11	3		33.0	
合計				1998	943.7	2.1

5. Assessment of uncertainties:

(Please indicate uncertainty factors and how those uncertainties are to be addressed)

以下の点は、温室効果ガス排出量と密接に関わるものの、具体的数値等が不明な面があることから、ベースライン設定に取り込まないこととした。

- ① ボイラーの効率の低下
- ② 石炭価格の急騰等による燃料転換
- ③ 石炭の品質（燃焼効率）の変化
- ④ 長期的な気候変動
- ⑤ その他

6. Description of how the baseline methodology addresses the calculation of baseline emissions and the determination of project additionality:

(Formulae and algorithms used in section E)

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電力量がほぼ半減することから、CO₂ガスの排出量も半減する。CO₂ガスの削減量は電力量の削減量と比例関係にあることから、電力量の変化について検討する。図V-2-1に年間の負荷状況と温度分布を、表V-2-2に各温度域における負荷状況を示す。

年間使用電力量は、電気ボイラー効率 98 %、稼働負荷 50 %として、年間の熱供給量（図V-2-1，表V-2-2）から求められる。

$$\begin{aligned}
 & \text{年間使用電力量 (MW/年)} \\
 & = \text{年間供給熱量} / 0.85985 / \text{ボイラー効率} / \text{稼働負荷} \\
 & = 5,299.30 / 0.85985 / 0.98 / 0.5 \\
 & = 12,578 \text{ MW/年}
 \end{aligned}$$

また、ヒートポンプ稼働により得られる熱量を、電気ボイラー稼働で発生させる場合の電力量 (MW/年) は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{電気ボイラー稼働電力量 (MW/年)} \\ & = \text{ヒートポンプ稼働熱量} / 0.85985 / \text{ボイラー効率} / \text{稼働負荷} \\ & = 3,357.60 / 0.85985 / 0.98 / 0.5 \\ & = 7,969 \text{ MW/年} \end{aligned}$$

なお、ヒートポンプ稼働による電力量は、以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{ヒートポンプ稼働電力量 (MW/年)} \\ & = \text{電気ボイラー稼働電力量 (MW/年)} / \text{ヒートポンプシステム効率} \\ & = 7,969 / 2.1 \\ & = 3,795 \text{ MW/年} \quad (100 \% \text{負荷}) \end{aligned}$$

従って、削減される電力量は 4,174 MW/年(=7,969-3,795)となり、電力量の削減率は年間使用電力量 (12,578 MW/年) の 33.2%となる。

プロジェクトサイトで使用している電力は JSC イルクーツクエネルギーの石炭火力発電所から給電されるが、発電所での CO₂ ガス原単位は次のとおりである。

$$1 \text{ kWh} = 0.644 \text{ kg-coal} = 1.9 \text{ kg CO}_2$$

$$1 \text{ MWh} = 0.644 \text{ ton-coal} = 1.9 \text{ ton CO}_2$$

従って、ベースラインにおける温室効果ガス排出量は、以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{ベースライン温室効果ガス排出量 (ton CO}_2\text{/年)} \\ & = \text{年間使用電力量 (MW/年)} \times \text{CO}_2 \text{ガス原単位 (ton CO}_2\text{/MWh)} \\ & = 12,578 \times 1.9 \\ & = 23,898 \text{ ton CO}_2\text{/年} \quad (100\%) \end{aligned}$$

また、プロジェクトケースにおける温室効果ガス排出量は、ベースラインにおける温室効果ガスの排出量から、以下のように求められる。

$$\begin{aligned} & \text{プロジェクトケース温室効果ガス排出量 (ton/年)} \\ & = \text{ベースライン温室効果ガス排出量 (ton/年)} \times (1 - \text{電力量削減率}) \\ & = 23,898 \times (1 - 0.332) \\ & = 15,964 \text{ ton CO}_2\text{/年} \end{aligned}$$

従って、プロジェクトケースにおける温室効果ガスの削減量は、以下のとおりである。

$$\begin{aligned}
& \text{プロジェクトケース温室効果ガス排出削減量 (ton CO}_2\text{/年)} \\
& = \text{ベースライン温室効果ガス排出量 (ton CO}_2\text{/年)} - \text{プロジェクトケース温室効果} \\
& \quad \text{ガス排出量 (ton CO}_2\text{/年)} \\
& = 23,898 - 15,964 \\
& = 7,934 \text{ ton CO}_2\text{/年}
\end{aligned}$$

7. Description of how the baseline methodology addresses any potential leakage of the project activity:

(Please note: Leakage is defined as the net change of anthropogenic emissions by sources of greenhouse gases which occurs outside the project boundary and which is measurable and attributable to the CDM project activity.)

(Formulae and algorithms used in section E.5)

プロジェクトバウンダリー外で、プロジェクトサイトで使用する電力の発電を行っているため、石炭燃焼に伴う温室効果ガスが排出される。バウンダリー外の石炭火力発電所において、依然として CO₂ ガスは発生するが、その量は減少する。石炭火力による電力は、プロジェクトバウンダリー内において、ヒートポンプ、取水ポンプ、電気ボイラー等の機器運転の動力として使用するものである。CO₂ が発生する発電所はプロジェクトサイト外であり、リーケージとしても取り扱える。

本プロジェクトにおけるスタンスは、これらの使用電力量を全て読み込んだ上での暖房・給湯システムとしている。また、システムの改善により、暖房・給湯の方式に基本的な変化はない。すなわち、プロジェクトバウンダリー内では、温水造成による CO₂ ガスの発生はない。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。

8. Criteria used in developing the proposed baseline methodology, including an explanation of how the baseline methodology was developed in a transparent and conservative manner:

ベースライン方法は、これまでの使用電力量から石炭火力発電所の石炭使用実績に基づいて適切に決定した。また、使用石炭発電所から排出される温室効果ガスについては、上記 6. 及び 7. に記載した通りである。

9. Assessment of strengths and weaknesses of the baseline methodology:

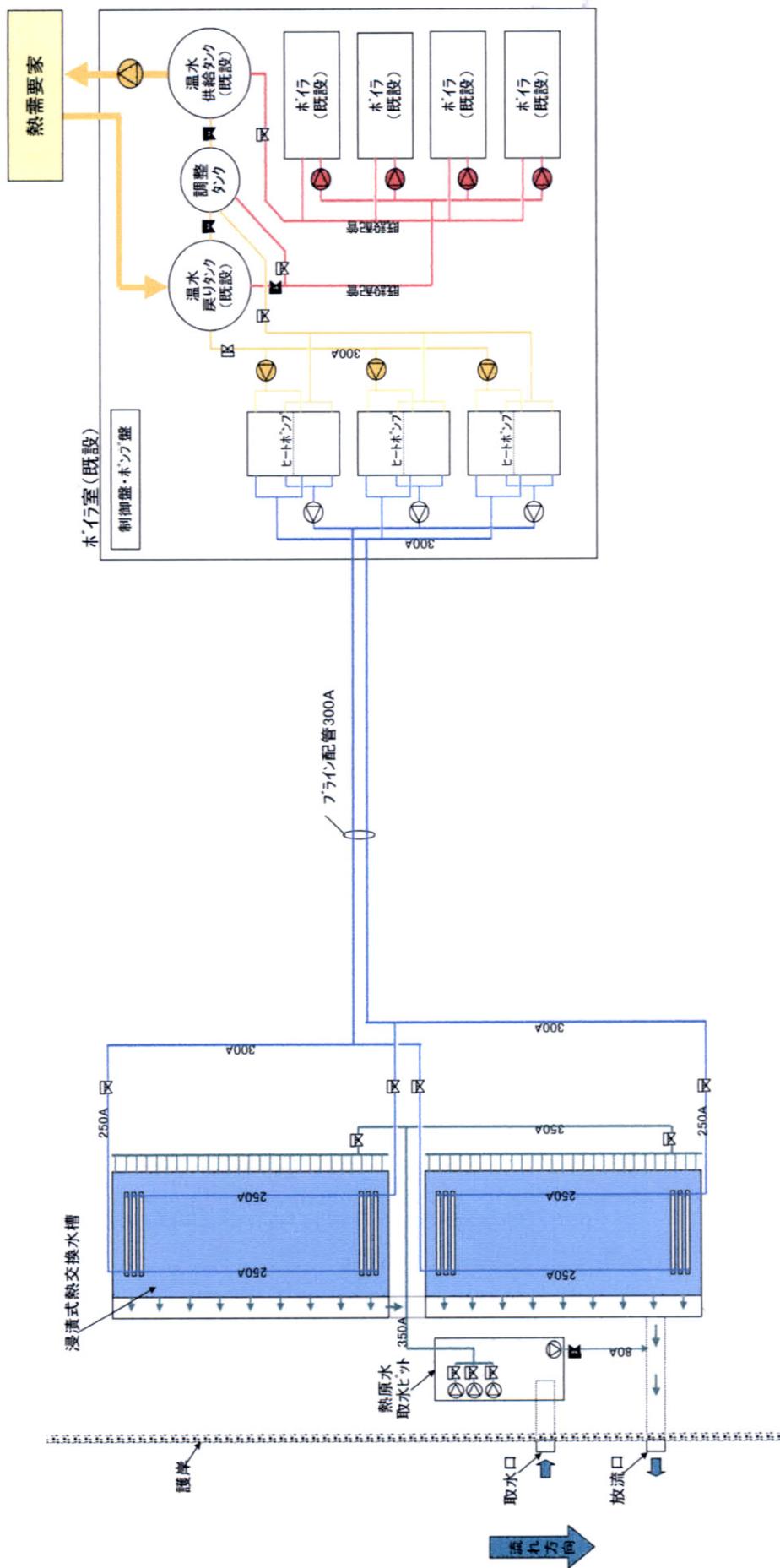
プロジェクトサイトにおいて、電気ボイラーによる暖房・給湯システムは、設置コスト、メンテナンスの容易さ等から選定された。また、運転において環境汚染がほとんどなく、極めて快適なシステムである。しかしながら、電力を使うシステムであることから、電力使用量が大きいことが課題である。すなわち、石炭火力発電所の電力に依存し、発電の際に多量の温室効果ガスを排出する。将来的には、発電源を天然ガスなど温室効果ガスの少ない方式に変換することもありうるが、その価格と輸出品との位置付けから、変換は容易でないと思われる。

このような観点からすると、ヒートポンプによる暖房・給湯をいかに効率的に行えるようにするかが、温室効果ガスを削減させるために不可欠である。

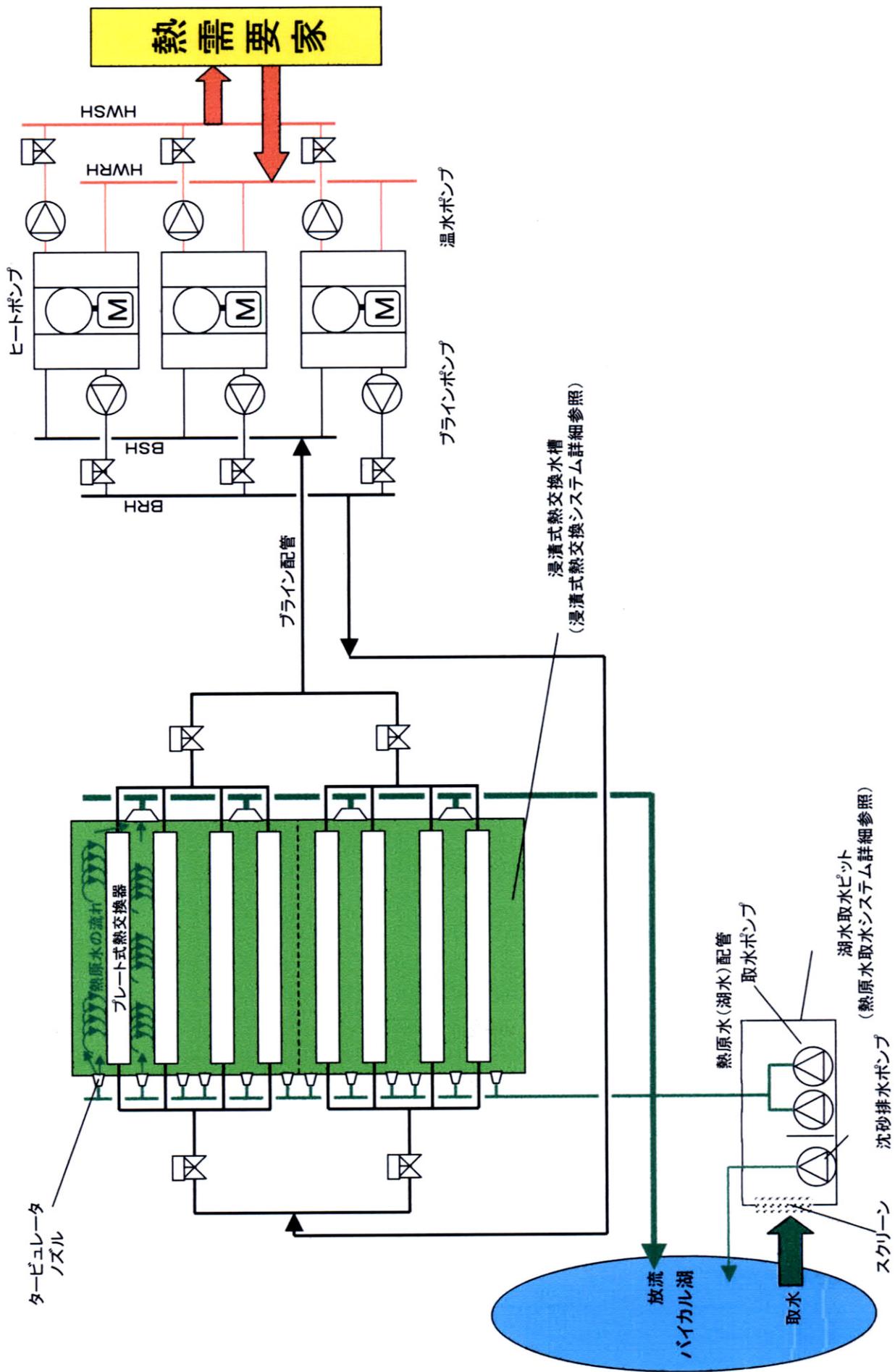
10. Other considerations, such as a description of how national and/or sectoral policies and circumstances have been taken into account: _

ロシア、特にイルクーツク州では、石炭に代わり積極的に天然ガスを利用していく方針を打ち出しているが、家庭などで使用する場合を除き、発電用事業用としてはコスト的に難しい状況にある。

このような状況を考慮した場合、河川水利用ヒートポンプによる暖房システムは、現実的な効果をあげうるものと判断できる。また、将来的な拡大を考慮すると、河川水の利用のみではなく、1,000 m 級の熱交換井の適用、温泉などの熱、下水熱等を検討することが重要と考えられる。

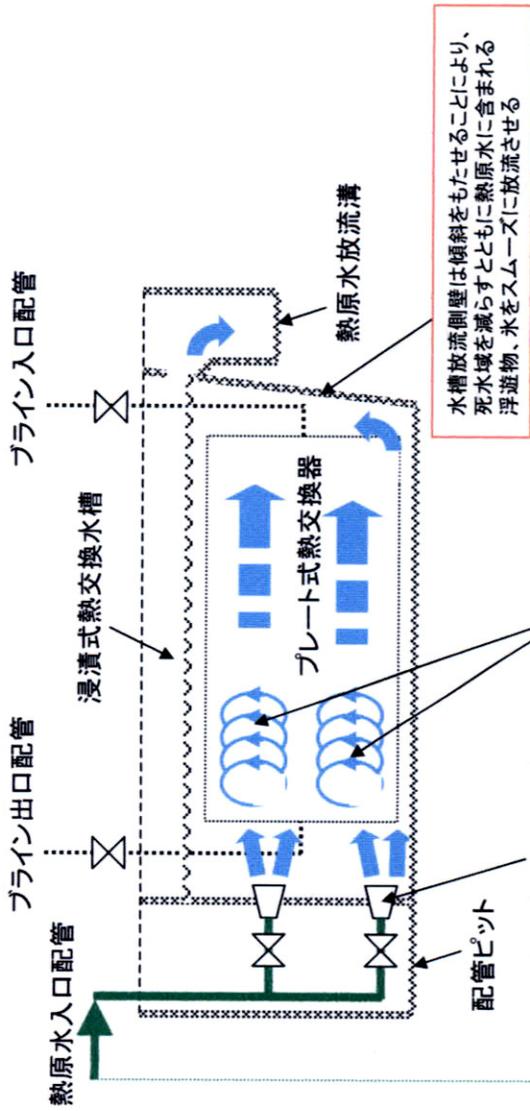


図V-1-1-1 ヒートポンプシステム全体図



図V-1-2 ヒートポンプシステムフロー図

浸漬式熱交換システム詳細



熱原水取水システム詳細

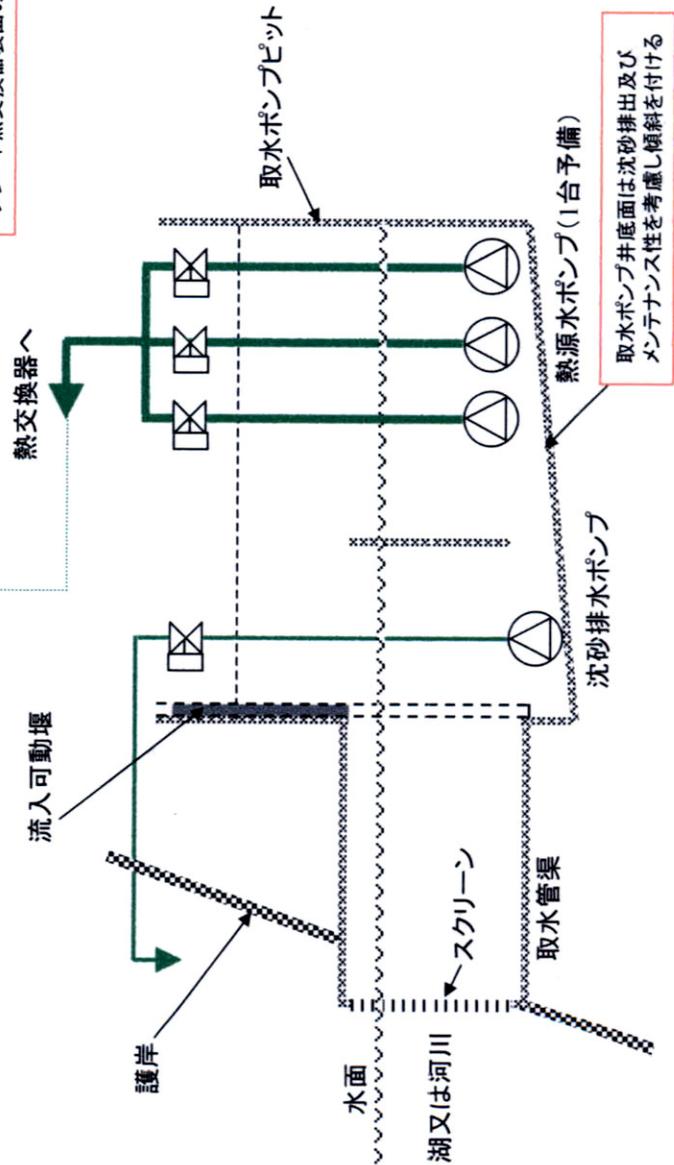
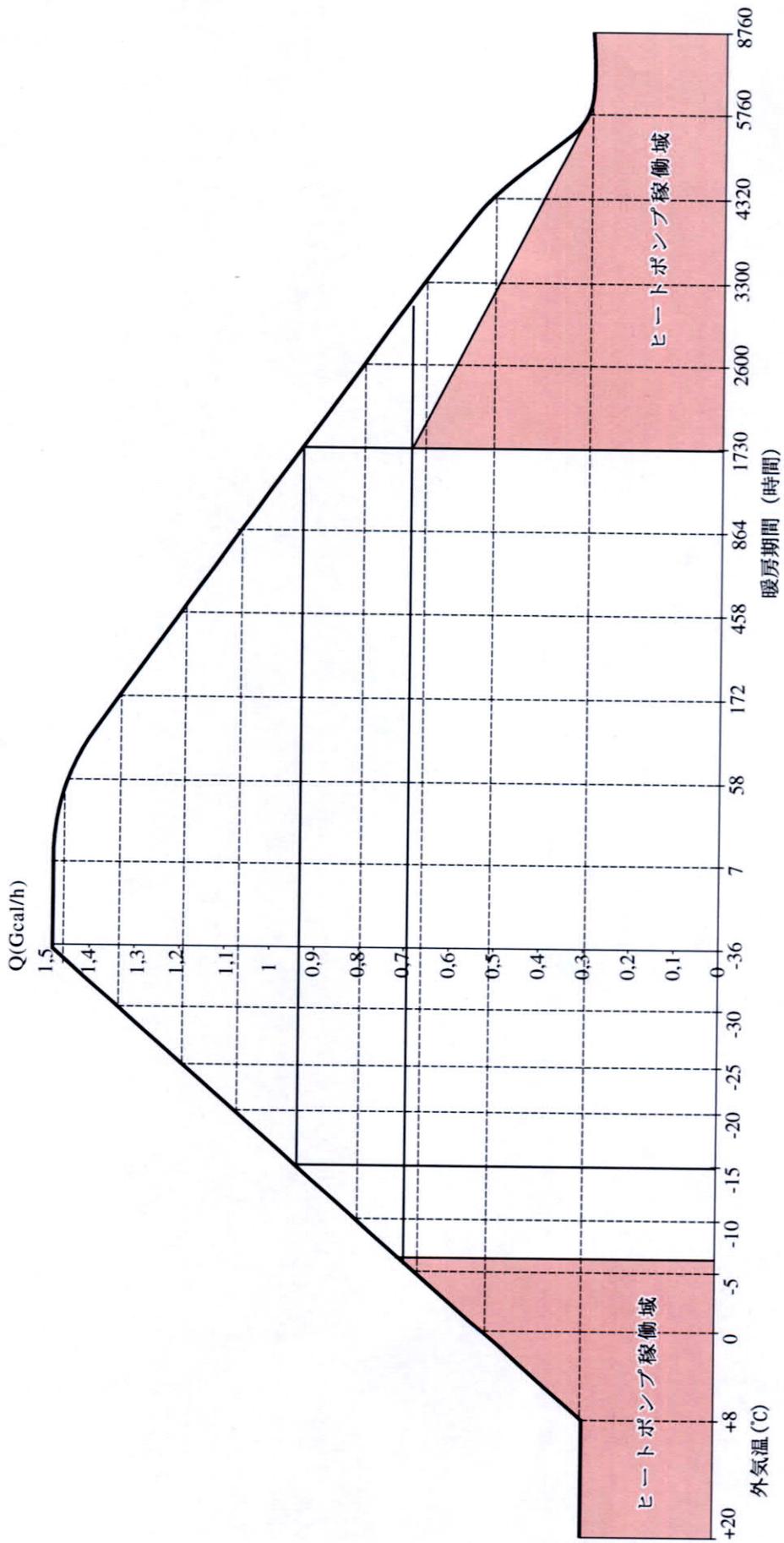
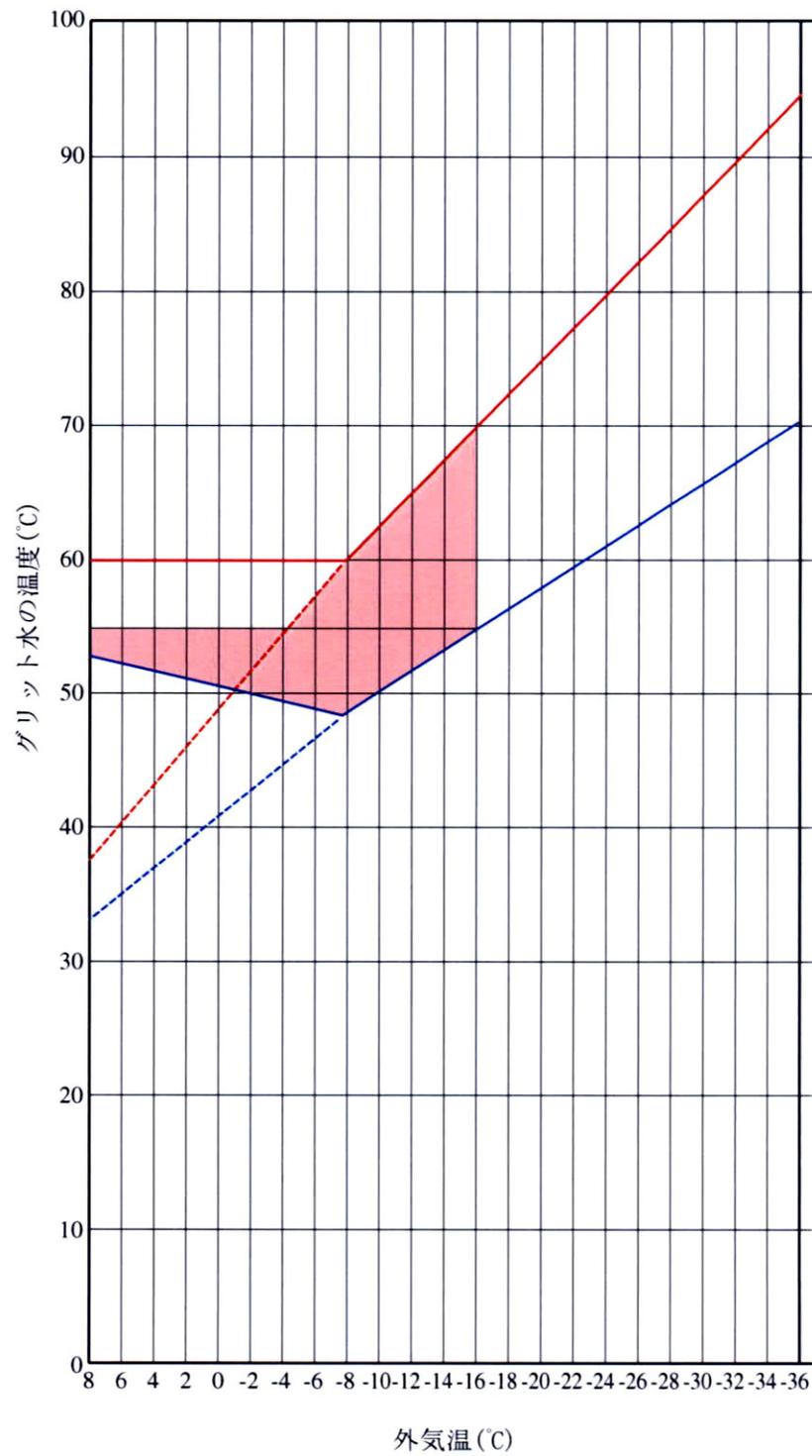


図 V-1-3 熱原水熱交換器フロー図



図V-2-1 年間の負荷状況と温度分布

TH	T1	T2
8	60	52
7	60	51
6	60	51
5	60	51
4	60	51
3	60	50
2	60	50
1	60	50
0	60	50
-1	60	50
-2	60	49
-3	60	49
-4	60	49
-5	60	49
-6	60	48
-7	60	48
-8	60	48
-9	61	49
-10	63	50
-11	64	51
-12	65	51
-13	67	52
-14	68	53
-15	69	54
-16	70	55
-17	72	55
-18	73	56
-19	74	57
-20	75	58
-21	77	59
-22	78	59
-23	79	60
-24	80	61
-25	82	62
-26	83	63
-27	84	63
-28	85	64
-29	87	65
-30	88	66
-31	89	66
-32	90	67
-33	91	68
-34	93	69
-35	94	69
-36	95	70



図V-2-2 熱水温度と温度分布

表 V - 2 - 1 機器性能表

記号	名 称	仕 様	台数	備 考
HP-1 HP-2 HP-3	ヒートポンプ	型式: RHSCW400M2 加熱能力: 666kW(573Mcal/h) 熱原水: 40wt%ナイブライン(ショウリ) 熱原水温度: 入口3°C - 出口0°C 熱原水流量: 136.5m ³ /h 温水: 清水 温水温度: 入口50°C - 出口55°C 温水流量: 116.2m ³ /h 電源: 440V x 3Ph x 60Hz 圧縮機入力: 235kW 冷媒: HFC134a	3	モジュール形ヒートポンプ
BP-1 BP-2 BP-3	ブラインポンプ	ブライン種類: 40wt%ナイブライン 型式: 100x80IFWM2015X 流量x揚程: 140m ³ /h x 60m 電動機: 440V x 60Hz x 2P x 55kW 主要材料: ケーシングSCS13 羽根車SCS13 シャフトSUS304	3	
HSP-1 HSP-2 HSP-3	熱原水ポンプ	熱原水種類: 河川水(湖水) 型式: 200DL618 流量x揚程: 250m ³ /h x 15m 電動機: 440V x 60Hz x 4P x 18.5kW 着脱装置付	3	1台予備 水中ポンプ
PMP	沈砂排水ポンプ	型式: 80DL63.7 流量x揚程: 30m ³ /h x 15m 電動機: 440V x 60Hz x 4P x 3.7kW 着脱装置付	1	水中ポンプ
HWP-1 HWP-2 HWP-3	温水ポンプ	型式: 100x80FS4J611 流量x揚程: 115m ³ /h x 20m 電動機: 440V x 60Hz x 4P x 11kW 主要材料: ケーシングFC200 羽根車FC シャフトSUS403	3	片吸込渦巻ポンプ
HEXHS	浸漬式プレート熱交換器 (河川水熱交換器)	単版プレート熱交換器 形式: (熱交換器架台及び配管組込みユニット) 交換熱量: 700kW(602Mcal/h) 加熱流体: 河川水 河川水温度: 入口4°C - 出口1°C 河川水流量: 250m ³ /h 被加熱流体: ブライン ブライン温度: 入口0°C - 出口3°C ブライン流量: 210m ³ /h 伝熱面積: 630 m ² プレート材質: SUS316	2式	

表V-2-2 各温度域における負荷状況

temp	hours	Gcal/h	Gcal(50)	MW(50)	MWh(50)	MWh(100)
	0,00	1,70		2,13		
over	7,00	1,50	10,50	1,88		
-36,00	58,00	1,48	75,48	1,85		
-30,00	172,00	1,40	159,60	1,75		
-25,00	458,00	1,27	363,22	1,59		
-20,00	864,00	1,15	466,90	1,44		
-15,00	1730,00	1,00	866,00	1,25		
-10,00	2600,00	0,88	765,60	1,10		
-5,00	3300,00	0,72	504,00	0,90		
0,00	4320,00	0,60	612,00	0,75		
8,00	5760,00	0,40	576,00	0,50		
20,00	8760,00	0,30	900,00	0,38		
全温度(ベースロード)			5299,30		6288,83	12577,66
二酸化炭素排出量 (tonCO2)					5516,81	11033,62
-15℃以上(HP稼働エネルギーに変換)			3357,60		3984,56	7969,12
プロジェクトケース					4201,68	8403,36
二酸化炭素排出量 (tonCO2)					3685,88	7371,76
二酸化炭素削減排出量(tonCO2)					1830,93	3661,86

VI. プロジェクト効果

VI. プロジェクト効果

VI-1 省エネルギー効果

1. プロジェクトサイトの状況

イルクーツク州南部は年平均気温 0°C, 最低気温約-35°Cを示し, 年間の暖房日数は 240 日程度に達し, 十分な能力の暖房設備が必要不可欠である。各地域における暖房日数, 最低気温, 暖房時の平均気温, 年間の平均気温などがリスト化され, それに基づき暖房システムが稼働されている (表VI-1-1)。イルクーツク州では, 13 箇所の熱電供給発電所が JSC イルクーツクエネルギーにより運営されているほか, 4 箇所の熱電供給発電所が他の民間会社により運営されている。熱供給の各種の手法およびその実施量を表VI-1-2に示す。

本プロジェクトでは, 電気ボイラーによる暖房・給湯システムの省エネをはかり, それによる温室効果ガス排出量の削減を目指している。イルクーツク州において, 4,236 Gcal/年の供給がなされている。JSC イルクーツクエネルギーで最大規模の電気ボイラーの稼働状況によると, この5年間で約倍増している (第IV-1-3表)。しかしながら, 電力料金が上昇していることから, 将来的には電気ボイラーの建設は難しくなる方向にある (図VI-1-1)。

イルクーツク州を含むロシアでの暖房方法は, 国内で入手しやすくかつ安価な石炭を燃焼させ電力・温水を造成し, 周辺地域に大規模に電力・温水供給を行う方式が一般的である。また, 大都市以外の遠隔地域では, 電力を購入し, 電気ボイラーにより温水供給が行われている。

現在, 世界各国で CO₂ ガスの削減のために多くの努力がなされているが, その手段の一つがヒートポンプによる方法である。本プロジェクトは, その技術を適用するものである。ヒートポンプによる熱供給は上限温度が 55°C程度に制約されることから, 電気ボイラーと補完し合う形でシステムを構成する方式が考えられる。ヒートポンプの効率は電気ボイラーのほぼ倍であることから (COP=2.1), その稼働時間から計算すると約 33 %の省エネ効果が見込まれる。しかしながら, この数字はその年の気温にも左右されることから, この数字もある幅を有すると考えられる。

2. 省エネルギー効果

本プロジェクトにおける省エネルギー効果の試算結果を以下に示す。

ベースラインとなる年間使用電力量は 12,578 MW/年である (V-2 参照)。従って, 年間使用原油量は, 以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{年間使用原油量} \\ &= \text{年間使用電力量 (MW/年)} \times 0.254 \text{ kL} \\ &= 12,578 \times 0.254 \\ &= 3,195 \text{ kL} \end{aligned}$$

また, ヒートポンプ稼働により得られる熱量を, 電気ボイラー稼働で発生させる

場合の電力量は 7,969 MW/年である (V-2 参照)。

従って、ヒートポンプ稼働による年間使用原油量を電気ボイラー稼働に変換すると、以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{ヒートポンプ稼働の年間使用原油量} \\ & = \text{電気ボイラー稼働変換電力量 (MW/年)} \times 0.254 \text{ kL} \\ & = 7,969 \times 0.254 \\ & = 2,024 \text{ kL} \end{aligned}$$

ヒートポンプ稼働による使用電力量は、3,795 MW/年である (V-2 参照)。

従って、ヒートポンプ換算の年間使用原油量は、以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{ヒートポンプ換算の年間使用原油量} \\ & = \text{ヒートポンプ稼働の使用電力量 (MW/年)} \times 0.254 \text{ kL} \\ & = 3,795 \times 0.254 \\ & = 964 \text{ kL} \quad (100\%) \end{aligned}$$

3. エネルギー削減量

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、原油ベースで以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} & \text{ヒートポンプ稼働による使用原油量} \\ & = \text{ヒートポンプ稼働の年間使用原油量 (kL)} - \text{ヒートポンプ換算の} \\ & \quad \text{年間使用原油量 (kL)} \\ & = 2,024 - 964 \\ & = 1,060 \text{ kL} \end{aligned}$$

VI-2 温室効果ガス排出削減効果

1. 排出削減効果が発生する技術的根拠

ヒートポンプシステムの効率は、COP=2.1 である。すなわち、同じ出力を得るために必要となるエネルギーが、ほぼ半分となることを意味する。本プロジェクトでは温水造成用の熱源として、電気ボイラー及びヒートポンプを稼働させるための電力を使用する。ここで、ヒートポンプの使用電力量が電気ボイラーの約半分の電力量で済むことから、ヒートポンプを使用すればするほど温室効果ガス排出の削減効果が大きくなる。ヒートポンプの熱源としては、冬季においても利用可能な河川水熱源システムとする。

2. 温室効果ガス排出削減量

本プロジェクトにおけるCO₂ガス排出削減効果の試算結果（100%）を下表に示す。

	使用電力量	使用石炭量	CO ₂ 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

VI-3 導入技術の普及可能性

1. 同種プロジェクト及び当該プロジェクトにより導入する対象技術の相手国における普及可能性

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、CO₂ガスの排出量を削減させることを目標とする。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、CO₂ガスの削減が可能である。ヒートポンプの熱源としては、河川水、地下水、下水、坑井等が期待される。

電気ボイラー方式も徐々に増加してきており、1,200 Gcal/h に達している。表VI-3-1は地域別の電気ボイラーシステムを示し、表VI-3-2は規模別の電気ボイラーシステムを示す。これら電気ボイラーが設置されている地域では、ヒートポンプとの組み合わせにより、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。これにより、ヒートポンプ利用暖房・給湯システムの普及は、比較的スムーズに行われるものと期待される。

2. 普及を考慮した効果（具体的数値目標に基づく効果）

今回対象としているヒートポンプシステムは、イルクーツク州における電気ボイラー方式を対象とする。統計により若干の差はあるものの、総計1,709 MWの電気ボイラーシステムが対象となりうる。以上のことより、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3,387,818 ton/年のCO₂ガスが削減される。このようにイルクーツク州だけをとってみても、CO₂削減の潜在効果は大きい。

また、既に述べたように、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。

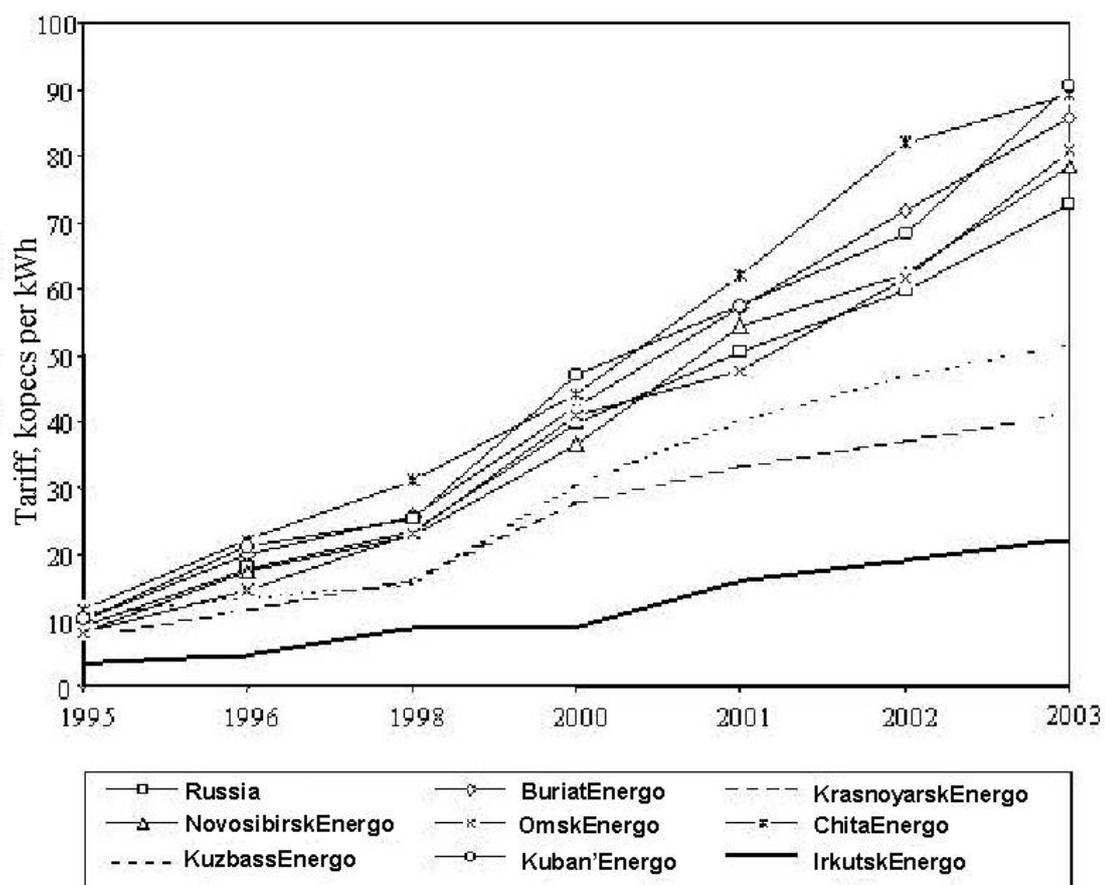
VI-4 その他の効果

環境面への波及効果として、温水供給の燃料としての電気の使用を低減できるため、以下の効果がある。

CO₂ガスの排出量は、ヒートポンプの使用により、HHC “ELEKTRA” での温水造成のための消費電力相当が、石炭火力熱電供給発電所で削減される。2003年のデータによれば、発電のために9.4 million tonの石炭が燃焼されている。従って、ヒートポンプの稼働により、この分のCO₂ガスの排出量を削減できる。

懸念事項としては、アンガラ川の水を熱源とすることから、その温度低下による影響を事前に調査する必要がある。また、建設中およびヒートポンプが稼働中の環境への影響についても評価が必要である。

最後に、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。



図VI-1-1 電力料金の上昇

VII. 環境影響分析

VII. 環境影響分析

本プロジェクトでは、従来の電気ボイラー方式による暖房・給湯システムに大きな変更を与えることなく、約 33 %の省エネルギーを図っている。これは、一挙に温室効果ガスを 32 %削減することを意味するので、大きな意味合いを持つ。

個別の石炭ボイラー方式による暖房は、ある程度の規模を開発するのには、これまでの大きな都市で見られたような大規模な地域冷暖房と比べ効率的な面がある。しかし、ボイラーの維持管理が難しいことから本来の能力を発揮できず、NO_x、SO_x等の環境汚染物質を排出し、環境破壊を引き起こす可能性がある。

これに比べ、電気ボイラー方式による暖房・給湯システムは設備が小さく、メンテナンスが低く抑えられ、かつ維持費も低く抑えられる。更に、環境的にみても、温室効果ガスを排出することがないため、環境に与える影響を防止することができる。しかしながら、その電力使用量は極めて大きく、その結果として多量の温室効果ガスを大量に排出している。

本プロジェクトでは、ヒートポンプを使用することで省エネルギーを図っている。通常、ヒートポンプの最高温度は 55°Cであることから、電気ボイラーとの併用運転が必要である。ヒートポンプが熱源を必要とすることから、本プロジェクトのように河川水を使用することもあり得るほか、地下水、1000 m 程度の地下熱、下水熱等の利用も検討しておく必要である。更に、ヒートポンプの効率も COP = 2.1 も高くはないが。これは熱源の温度が約 4°Cと低いことに大きな原因がある。しかし、理論的な限界値とされている COP = 5 と比較するとかなり小さい値であり、将来的な発展させる必要がある。本プロジェクトでは、下水処理水は約 12°Cと高温であることから、今後の検討に値すると考えられる。

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。

本プロジェクトの実施によって、システム外に流出する物質は排水および排泥である。現在、HHC “ELEKTRA” では、排水は下水処理設備により浄化し、アンガラ川に放流している。下水処理設備は、バクテリア浄化装置、オゾン浄化装置、濾過装置および沈殿装置から構成される。その浄化能力は高く、ロシア連邦の排水水質に関する環境基準をクリアしている。排水については、現在 3 項目の化学成分（窒素、塩素、硫化物）は毎日 1 回、20 項目の化学成分は 2 週間に 1 回、バクテリアは 1 ヶ月に 1 回の分析を行っている。排水中に温室効果ガスは含まれていないので、温室効果ガスの大気中への排出はない。排泥は、沈殿させ回収固化させた後、廃棄物処分場に運搬し処理している。領域外に流出するエネルギーは、排水にともなう排熱である。しかし、日あたりの排水量は 300 m³程度と少なく、また時間の経過により冷却するため

トータルの廃熱量は多くはない。ヒートポンプシステムを稼働させる際に、騒音はほとんど発生しない。以上の状況から、プロジェクト実施による排水、廃熱、騒音等は環境にほとんど悪影響を与えないと考えられる。

システム外から流入する物質は、造成温水の原水である。原水は、使用済み温水としてシステム外に排出する水量を、随時地下から井戸により採取している。この場合、周辺地域における地下水面の低下、あるいは地下水の枯渇が考えられる。ただし、井戸はアンガラ川近傍に位置することから、河川水による地下水涵養が十分であると予測される。また HHC “ELEKTRA” の周辺にほとんど民家はなく、井戸によって地下水を採取している施設もない。したがって、地下水の採取による周辺住民への影響はほとんどないと考えられる。

VIII. プロジェクト実施における資金計画

VIII. プロジェクト実施における資金計画

VIII-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。なお、支払い利率は5.00%とした。なお、ロシア連邦における現在の実勢貸付金利は4~5%である。

日本側銀行からの借入金は、日本側企業が行うものとする。すなわち、日本側企業は日本国内で低金利の銀行融資をうけ、5%の利率で本プロジェクトに貸し付けるものとする。各年度の借入金返済対象額は、前期末と当期末の平均残高とする。

VIII-2 公的資金源の情報

公的資金として ODA があげられる。しかし、CDM/JI 案件は、資金の追加性の面から ODA 資金を利用することは難しい状況にあるといえる。この資金の追加性については、現在多くの議論がなされている。

VIII-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る。環境保全は、人類全体の問題であり、各国政府および国際レベルで対応する必要がある。

多くの企業が、環境ビジネスを将来発展するビジネスとして注目している。多くの投資家が投資対象として注目している。事業の推進において、最も重要な要素はその経済性、採算性である。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。

IX. 経済性の検討

IX. 経済性の検討

IX-1 HP システム導入のための費用

HP システム導入のための設備費用を、50%負荷(1MW HP)および100%負荷(2MW HP) の場合について試算した(表IX-1-1)。

HP システムの主要設備は、配管およびピットと、機器設備である。配管は直径 200 mm および 300 mm のパイプで、総延長は 800 m である。ピットはコンクリート製で、熱交換水槽用ピット(3m×17m×30m) および PMP & HSP 用ピット(3m×3m×3m) である。

機器設備は、熱交換器、ヒートポンプ、原水ポンプ、沈砂排水ポンプ、温水ポンプ、ブラインポンプからなる。それぞれの設備費用の総額は、1,109.2 thousand US\$ (50% 負荷) および 2,152.3 thousand US\$ である。

IX-2 投資回収期間

投資回収期間に影響を与える主な因子は、①投資総額、②電力料金、③発電時の CO₂ 排出原単位、および④京都議定書を導入した際の CO₂ 取引価格である。

JSC イルクーツク エネルゴの火力発電所において、燃料用石炭価格は 310~644 g ce の範囲で変化し、発電価格も 3~5.12 ルブ/ kWh の範囲で変化する。HHC “ELECTRA” に供給されている電力は、発電所の効率が低いことおよび搬送距離が大きいことから、13.33 cents/kWh の発電コストおよび 1.9 kg/kWh の CO₂ 発生に対応する。

年あたりの売上高は、電力料金削減量+CO₂ 排出削減価格であり、50%負荷の場合が 299.9 thousand US\$, 100%負荷の場合が 598.8 thousand US\$ である(表IX-1-2)。なお、CO₂ 排出削減価格はクレジット価格を 5 US\$/ton とした。

投資回収期間は、以下の条件で試算した。

減価償却：定率法

償却率：0.206

残存簿価：5%

法人税：30%

支払金利：5%

投資回収期間は、50%負荷および100%負荷の場合とも4年である。

参考として、投資総額を年間売上高で除した概略の投資回収期間は、50%負荷の場合が 3.7 年であり、100%負荷の場合が 3.6 年である。

IX-3 経済的な効果

HHC “ELECTRA” の暖房・温水供給システムにヒートポンプを導入した場合、以下の2つの経済的効果が見込まれる。

1つは、ヒートポンプを導入することにより、現在に比べてシステム内で消費する電力量を低減することができるため、JSC イルクーツクエネルギーに支払う電力料金を削減につながることである。HHC “ELEKTRA” は造成した温水を、自社設備内の暖房、療養設備等で使用しており、直接外部に販売しているわけではない。しかし、温水造成における電力料金の削減は、直接売上高の増大とはいえないが、トータルの収益増大とみなすことができる。

2つは、電力量の削減により、この電力の源である JSC イルクーツクエネルギーの石炭火力発電所で発生する CO₂ ガス排出量の削減をもたらすことである。このために、温室効果ガスの取引市場が成立した場合、CO₂ クレジットを販売による収入が見込まれ、これは直接売上高の増大をもたらす。

表IX-1-1 HP暖房システムの設備費用

(単位: thousand US\$)

費目	仕様	稼働条件	
		50%負荷 (1MW HP)	100%負荷 (2MW HP)
1	配管およびピット	157.0	246.0
2	設備	793.5	1,588.6
3	設置工事	設備費の10%	79.4
4	輸送費等	設備費の10%	79.4
5	合計	1,109.2	2,152.3
内訳			
1. 配管およびピット			
	配管	径:200(300)MM, 長:800M	80.0
	コンクリートピット(熱交換水槽)	寸法:3M×17M×30M	75.0
	コンクリートピット(PMP & HSP)	寸法:3M×3M×3M	2.0
	小計		157.0
2. 設備			
	熱交換器(HEXHS)		363.6
	原水ポンプ(HSP)		18.3
	沈砂排水ポンプ(PMP)		1.4
	温水ポンプ(HWP)		8.8
	ブラインポンプ(BP)		61.4
	ヒートポンプ(ヒートポンプ)		340.0
	小計		793.5

表Ⅹ-1-2 HPシステムにおける削減量の諸元

番号	項目	単位	設備容量		備考
			50%負荷(1MW HP)	100%負荷(2MW HP)	
1	正味電力削減量	million kWh	2.1	4.2	
2	電力料金単価	UScents/kWh	13.3	13.3	
3	電力料金削減量	thousand US\$	279.9	558.6	電力料金削減量=正味電力削減量×電力料金単価
4	CO2原単位	kg/kWh	1.9	1.9	
5	CO2排出削減量	thousand ton	4.0	8.0	CO2排出削減量=正味電力削減量×CO2原単位
6	CO2価格	US\$/ton	5.0	5.0	
7	CO2排出削減価格	thousand US\$	20.0	39.9	CO2排出削減価格=CO2排出削減量×CO2価格
8	C 排出削減量	thousand ton	1.1	2.2	C排出削減量=CO2排出削減量/3.67
9	C 価格	US\$/ton	1.4	1.4	C価格=CO2価格/3.67
10	C 排出削減価格	thousand US\$	5.4	10.9	C排出削減価格=CO2排出削減価格/3.67
11	設備投資総額	US \$	1,109.2	2,152.3	表Ⅹ-1-1参照
12	概略投資回収期間	年	3.7	3.6	投資回収期間=設備投資総額/(電力料金削減量+CO2排出削減価格)

表Ⅹ-1-3 負荷 50 % (1 MW ヒートポンプ)

CO2原価 (kg/kWh)		電力料金 (43 ko)		CO2原価 (kg/kWh)	
21.2	0.8779	1	1.3	1.5	1.8
電力料金	43	21.2	20.1	17.6	14.7
	70	15.6	14.9	13.6	11.8
	90	13.0	12.6	11.6	10.2
	120	10.5	10.2	9.5	8.6
投資合計 (thousand US\$)					
	2000	2152	2300		
CO2価格	0	66.4	71.5	76.4	
	2	59.2	63.7	68.1	
	5	50.9	54.7	58.5	
	10	41.2	44.3	47.4	
	15	34.6	37.3	39.8	
	20	29.9	32.1	34.3	
電力料金 (70 ko) CO2原価 (kg/kWh)					
	0	22.6	22.6	22.6	1.8
CO2価格	2	21.1	20.8	20.4	22.6
	5	19.1	18.6	17.7	20.1
	10	16.4	15.8	14.5	17.1
	15	14.5	13.8	12.3	13.8
	20	12.9	12.2	10.7	11.5
					9.9
電力料金 (90 ko) CO2原価 (kg/kWh)					
	0	17.6	17.6	17.6	1.8
CO2価格	2	16.6	16.5	16.2	17.6
	5	15.4	15.1	14.5	16.0
	10	13.6	13.2	12.3	14.1
	15	12.2	11.7	10.7	11.7
	20	11.1	10.6	9.4	10.1
					8.8
電力料金 (100 ko) CO2原価 (kg/kWh)					
	0	15.8	15.8	15.8	1.8
CO2価格	2	15.1	14.9	14.7	15.8
	5	14.0	13.8	13.3	14.3
	10	12.5	12.2	11.4	12.9
	15	11.4	10.9	10.0	10.9
	20	10.4	9.9	8.9	9.5
					8.3

表区一1-4 負荷 100 % (2 MW ヒートポンプ)

電力料金	CO2原価 (kg/kWh)		電力料金(43 ko)		CO2原価 (kg/kWh)	
	3.9	0.8779	1	1.3	1.5	1.8
43	16.8	15.6	13.4	12.2	10.8	10.8
70	12.9	12.3	10.8	10.0	9.0	9.0
90	11.1	10.6	9.5	8.9	8.1	8.1
120	9.1	8.8	8.0	7.6	7.0	7.0

投資合計 (thousand US\$)

CO2価格	電力料金(70 ko)		CO2原価 (kg/kWh)	
	3.9	2000	2152	2300
0	4.9	5.2	5.6	5.6
2	4.7	5.1	5.4	5.4
5	4.5	4.8	5.1	5.1
10	4.1	4.4	4.7	4.7
15	3.8	4.1	4.4	4.4
20	3.6	3.8	4.1	4.1

電力料金	CO2原価 (kg/kWh)		電力料金(90 ko)		CO2原価 (kg/kWh)	
	3.9	0.8779	1	1.3	1.5	1.8
0	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
2	16.1	16.0	15.7	15.5	15.3	15.3
5	14.9	14.6	14.0	13.7	13.1	13.1
10	13.2	12.8	11.9	11.4	10.7	10.7
15	11.9	11.4	10.4	9.8	9.0	9.0
20	10.8	10.2	9.2	8.5	7.8	7.8

電力料金	CO2原価 (kg/kWh)		電力料金(100 ko)		CO2原価 (kg/kWh)	
	3.9	0.8779	1	1.3	1.5	1.8
0	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
2	14.6	14.5	14.3	14.1	13.9	13.9
5	13.6	13.4	12.9	12.6	12.1	12.1
10	12.2	11.8	11.1	10.6	10.0	10.0
15	11.0	10.6	9.7	9.2	8.5	8.5
20	10.1	9.6	8.6	8.1	7.4	7.4

表区-1-5 HPシステムの減価償却の検討(1MW HPの場合)

(単位: thousand US\$)

年数	売上高	残存価格	償却額	支払い利息	税引前利益	法人税	キャッシュフロー	借入金残高
0		1,109.20						1,109.20
1	299.9	880.70	228.50	49.74	71.40	21.42	228.74	880.46
2	299.9	699.28	181.43	38.37	118.47	35.54	225.98	654.48
3	299.9	555.23	144.05	27.07	155.85	46.75	226.07	428.41
4	299.9	440.85	114.38	15.71	185.52	55.66	228.54	199.87
5	299.9	350.04	90.82	4.17	209.08	62.73	233.01	-33.14
6	299.9	277.93	72.11	-7.64	227.79	68.34	239.20	-272.34
7	299.9	220.68	57.25	-19.79	242.65	72.79	246.90	-519.23
8	299.9	175.22	45.46	-32.36	254.44	76.33	255.93	-775.16
9	299.9	139.12	36.09	-45.41	263.81	79.14	266.17	-1,041.33
10	299.9	110.46	28.66	-59.00	271.24	81.37	277.53	-1,318.86

減価償却の方法

償却 : 定率法
 償却率 : 0.206
 残存簿価 : 5%
 法人税 : 30%
 支払金利 : 5%

表区-1-6 HPシステムの減価償却の検討(2MW HPの場合)

(単位: thousand US\$)

年数	売上高	残存価格	償却額	支払い利息	税引前利益	法人税	キャッシュフロー	借入金残高
0		2,152.30						2,152.30
1	598.5	1,708.93	443.37	96.22	155.13	46.54	455.74	1,696.56
2	598.5	1,356.89	352.04	73.55	246.46	73.94	451.01	1,245.55
3	598.5	1,077.37	279.52	50.98	318.98	95.69	451.82	793.73
4	598.5	855.43	221.94	28.25	376.56	112.97	457.28	336.45
5	598.5	679.21	176.22	5.16	422.28	126.68	466.66	-130.21
6	598.5	539.29	139.92	-18.50	458.58	137.57	479.42	-609.63
7	598.5	428.20	111.09	-42.86	487.41	146.22	495.14	-1,104.77
8	598.5	339.99	88.21	-68.08	510.29	153.09	513.49	-1,618.26
9	598.5	269.95	70.04	-94.27	528.46	158.54	534.23	-2,152.49
10	598.5	214.34	55.61	-121.55	542.89	162.87	557.19	-2,709.68

減価償却の方法

償却 : 定率法
 償却率 : 0.206
 残存簿価 : 5%
 法人税 : 30%
 支払金利 : 5%

X. 想定される利害関係者に及ぼす影響

X. 想定される利害関係者に及ぼす影響

X-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。

プロジェクトを実施によって、領域外から流入する物質とエネルギーは以下のとおりである。領域外から流入する物質は、循環する温水の原水である。この原水量は、使用済み温水として領域外に排出する水量を、随時地下から採取するものである。領域外から流入するエネルギーは、システムを稼働させるためのエネルギー源は電力であり、これは外部の火力発電所から購入する。

プロジェクトを実施によって、領域外に流出する物質とエネルギーは以下のとおりである。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、領域外に排出する。排泥は、廃棄物処分場に運搬することにより、領域外に排出する。これ以外には排出物質はない。したがって、汚染物質の排出もない。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。HP 暖房システムの排水温度は、ヒートポンプにより熱を採取するため既存暖房システムの排水温度よりも低下するため、排熱量は少ない。HP 暖房システムを稼働させる際に、騒音はほとんど発生しない。

上記の理由により、本プロジェクトの実施により周辺住民及びプロジェクト参加者等に利害的影響を与える可能性は少ない。

X-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。

XI. モニタリング計画

X I. モニタリング計画

X I - 1 モニタリング方法

1. 概要

温室効果ガス（GHG）排出削減量を求めるためには、実際にプロジェクトを実施した場合に排出される GHG 排出量と、プロジェクトを実施しなかった場合に想定される GHG 排出量（ベースライン排出量）とを、それぞれ把握する必要がある。また、リーケージを伴う場合には、リーケージの量も考慮する必要がある。

実際のプロジェクトに伴う GHG 排出量を計測すること、およびベースライン排出量を正確に推定するための作業をモニタリングと呼ぶ。モニタリングは客観的かつ厳密に実施し、CDM 理事会による承認を受ける必要がある。

小規模 CDM プロジェクトにおいては、以下の場合には簡素化された手法、手続き案が承認されている。

- ① 再生可能エネルギープロジェクト：設備容量（最大出力容量）が 1,500 kW（又は同量相当分）までのプロジェクト
- ② 省エネルギープロジェクト：エネルギー供給又は需要サイドにおける年間の削減エネルギー消費量が 1,500 万 kWh（又は同量相当分）までのプロジェクト
- ③ 人為的な排出量を削減するプロジェクト

排出量が CO₂ 換算で年間 15,000 ton 未満

本プロジェクトは②および③に該当するので、モニタリング計画の策定において簡易な手続きが適用される可能性もありうる。

2. プロジェクト実施における温室効果ガス排出量のモニタリング

本プロジェクトは、電力の消費量を低減することで CO₂ ガスの排出量を削減するものである。従って、暖房・給湯システムの稼動における電力消費量を計測することで、GHG 排出量のモニタリングが可能である。

3. ベースライン排出量のモニタリング

ベースライン排出量のモニタリングは、現状の電気ボイラーシステムを使用し続けたと想定した場合に、どれだけ GHG が排出されるかを推定することである。

本プロジェクトにおけるベースラインは、供熱水により施設等に与えられる熱量を、従来の電気ボイラーのみにより与えたと想定した場合に発生する GHG 排出量とする。具体的には、供給熱量は、昇温後の供温水温度（温水供給タンク）、昇温前の温水温度（温水戻りタンク）および供熱水量（流量）を逐次測定することにより求める（図 V-1-1）。

供給熱量 = (昇温後の供温水温度 - 昇温前の供温水温度) × 供熱水量 (Gcal/h)

ベースライン温室効果ガス排出量

$$= \text{供熱熱量} / \text{電力変換係数} / \text{電気ボイラー効率} / \text{CO}_2 \text{原単位}$$

ここで、

電力変換係数 : 1.163 MW/(kcal/h)

電気ボイラー効率 : 0.98

CO₂原単位 : 1.9 ton-CO₂/MWh

4. リークエージのモニタリング

リークエージは、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GHGの排出である。

本プロジェクトは、ヒートポンプによる温水造成により省エネルギーを図るが、その効果は消費電力量の削減としてあらわれる。ヒートポンプを含むシステム機器の稼動に電力を使用するので、この電力がリークエージを生じる。つまり、電力自体はプロジェクトバウンダリー外の発電所で生産されるが、発電のために石炭燃料が使用されリークエージを生み出すこととなる。

しかし、本プロジェクトにおいて、使用する電力量を計測することにより、正確に消費電力量の変化を把握することが可能である。従って、リークエージはないとみなすことができる。

XI-2 モニタリングデータの品質管理

モニタリングは自動記録式温度測定器及び流量計測器を設置して行い、機器の精度および計測回数等をチェックすることで、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。

モニタリングにおいて、温度測定器は、昇温前及び昇温後の2ヶ所に設置する必要がある。昇温前の温度としては、温水戻りタンク出口温度を計測する。また、昇温後の温度は、温水供給タンクの入口温度ではなく、電気ボイラーの出口温度を測定する。供温水流量は、施設等への循環水ポンプの後から分湯器までの間の適当な場所において測定を行う。これらはいずれも供温水造成施設内にあるので、計測は容易に行うことができる。

省エネルギー効果に関しては、電力会社からの提示された電力量をもって使用電力量とすることができ、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。この際、温水造成設備で使用した電力と、その他で使用した電力を明確に区別できるように電力メータを設置しておく必要がある。

XII. ま と め

XII. 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、CO₂、NO_x、SO_x、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のアンガラ川の右岸に位置する。プロジェクト対象は、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である。この施設は、室内暖房、温水プール、療養設備（浴用、泥浴、サウナ等）等のために多量の温水を使用する。

新規に設置するヒートポンプ暖房システムの設備概要は、以下のとおりである。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。ただし、前2者がヒートポンプ暖房システムに特有なものであり、新規に設置する設備である。後2者は既存の暖房システムをそのまま利用する。

このシステムの稼動により、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使用電力量は 12,578 MW/年、使用石炭量は 8,100 ton/年、CO₂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使用電力量は 8,403 MW/年、使用石炭量は 5,412 ton/年、CO₂排出量は 15,916 ton/年と推定される。したがって、CO₂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 1,109.2 thousand US\$, 100%負荷の場合が 2,152.3 thousand US\$と見込まれる。この場合、年間売上高は電力料金削減量+CO₂排出削減価格であり、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。

本プロジェクトにおけるベースラインシステムは、現在当該サイトで使われている電力は全て石炭火力発電システムからのエネルギーであること、当該サイトでは暖房および給湯に全て電力を使用していることから、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。

プロジェクトにともない、温室効果ガス排出量、ベースライン排出量、リーケージについてモニタリングを行う。暖房・給湯の造成電力の消費量をモニタリングすることで、温室効果ガス排出量のモニタリングは可能である。ベースライン排出量のモニタリングは、供熱水により住宅等に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想定した場合に発生する温室効果ガス排出量を求めることにより行う。リーケージは、電力使用量としてモニタリングされる。

卷末資料

1. 現場写真
2. 参考文献

現場写真



施設全景 (ELEKTRA)



排水処理場の概観 (ELEKTRA)



3/K N4
K3B-1000/6
3dB N19759
 $Q = 0,86 \text{ ГКАЛ/Ч}$
 $P = 10 \text{ КГС/СМ}^2$
 $G = 35 \text{ М}^3$

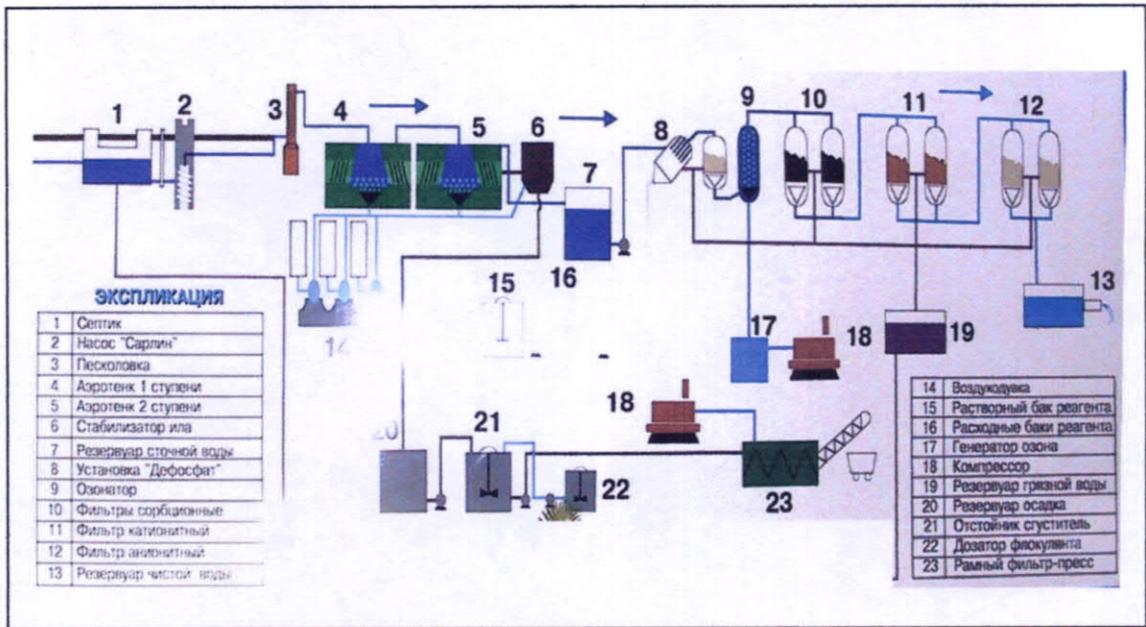
温水造成用の電気ボイラー (ELEKTRA)



電気ボイラー全景 (ELEKTRA)



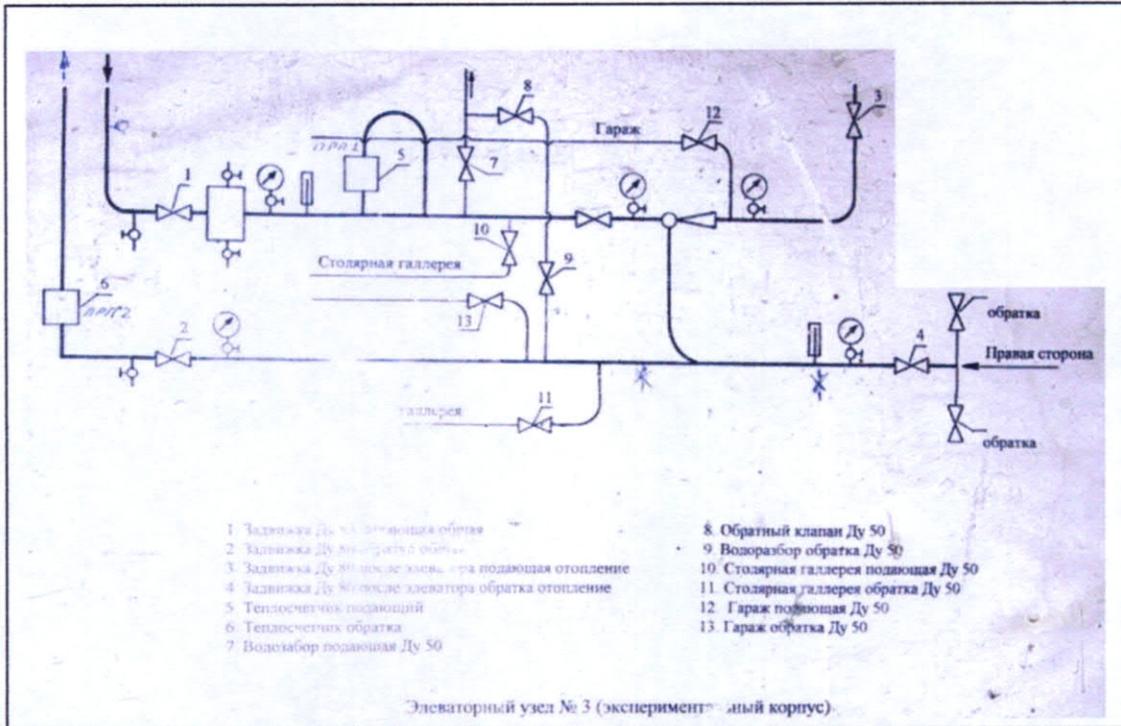
温水循環ポンプ (ELEKTRA)



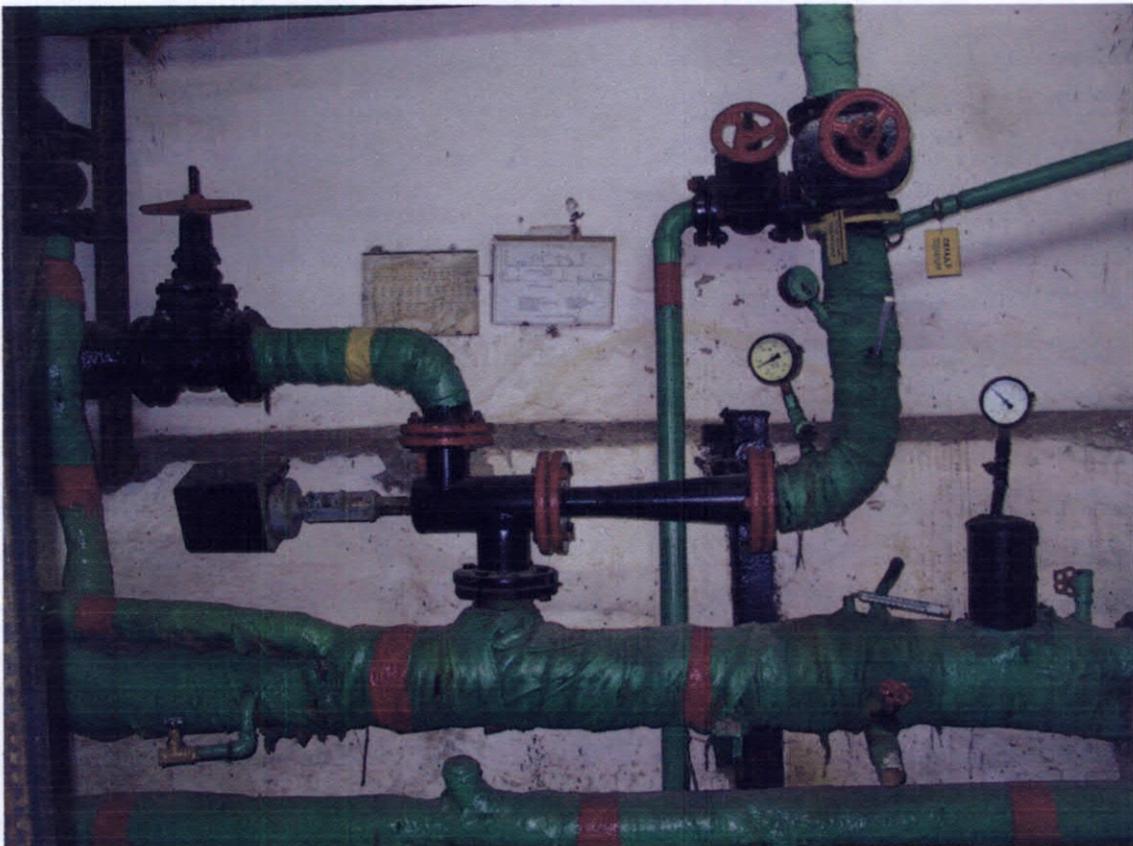
“ELEKTRA” の排水処理設備



排水浄化設備 (ELEKTRA)



暖房システム図 (ロシア科学アカデミー)



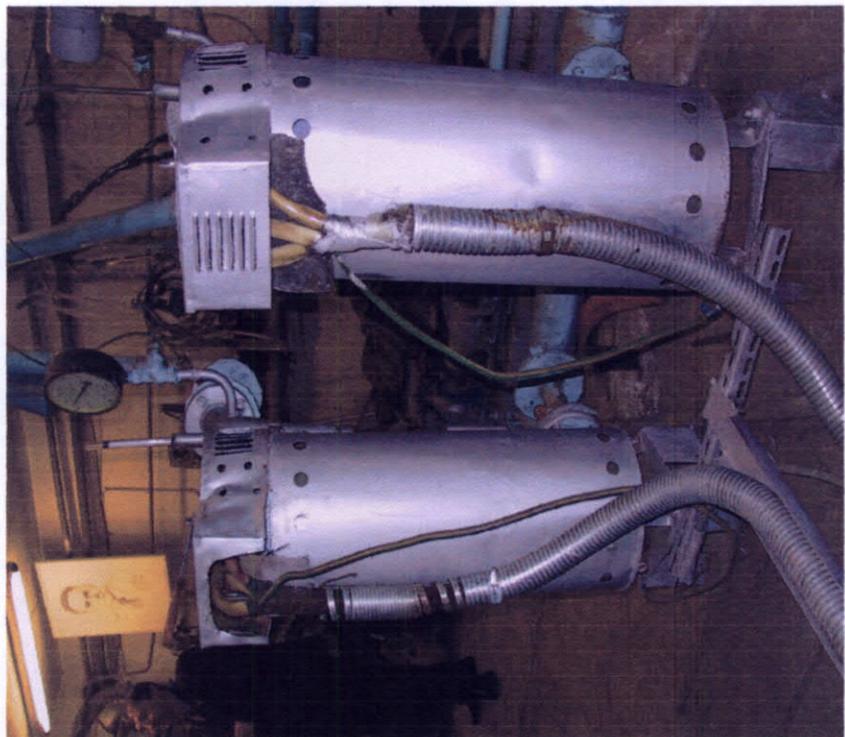
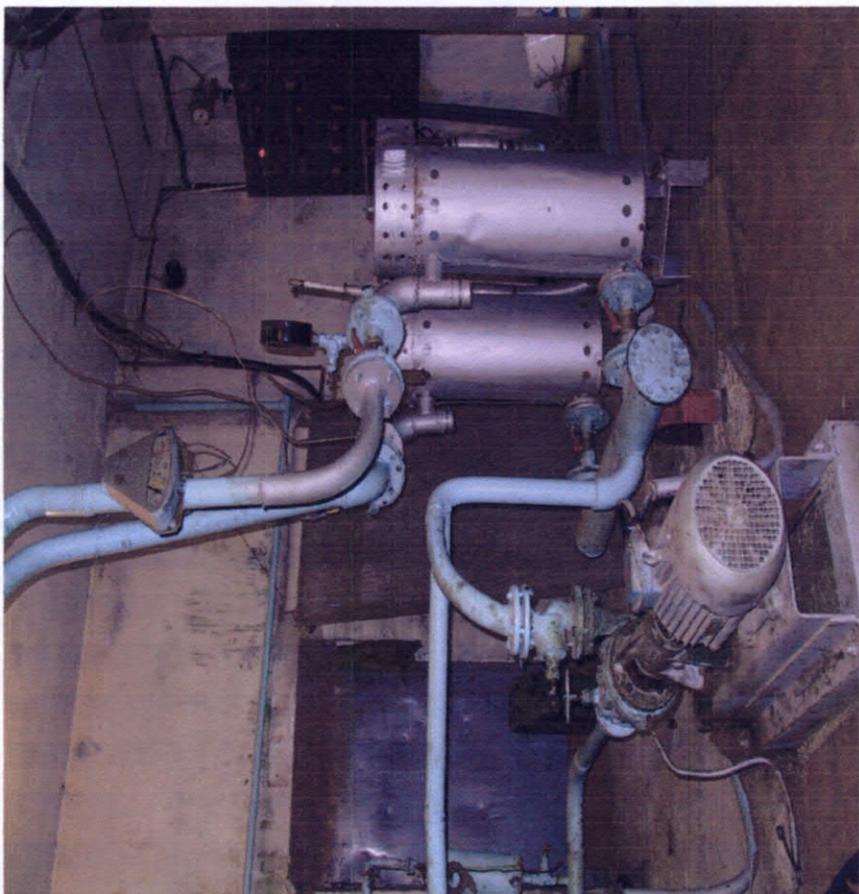
温水分配設備 (ロシア科学アカデミー)



排水流送ポンプ（リストビアンカ）



排水処理施設（リストビアンカ）



暖房用電気ボイラー (バイカル博物館)

参考文献

- 明日香壽川・森岡裕 (2001) : 京都議定書とロシア, ロシア研究, 第 33 号
- Eugster, W. J. and Fuglister, H. (1997) : Tiefenerdwarmesonde Weissis 1. Bundesamt für Energiewirtschaft, 1-26.
- IPCC (2002) : IPCC 地球温暖化第三次レポート, 中央法規出版株式会社
- Kohl, T., Salton, M. and Rybach, L. (2000) : Data Analysis of the Deep Borehole Heat Exchanger Plant Weissbad (Switzerland). Proc. WGC 2000 Kyushu-Tohoku, Japan, 3459-3464.
- 社団法人 空気調和・衛生工学会 (2002) : 空気調和・衛生工学便覧 第13版 CD-ROM, 丸善株式会社 出版事業部
- 松橋隆治 (2002) : 京都議定書と地球の再生, 日本放送出版協会
- 太田幸雄 (2001) : シベリアの大気汚染, ロシア研究, 第 33 号
- 高杉真司・池内研・桑野恭 (2001) : 中国長春市: 極寒冷地への地中熱利用ヒートポンプ技術の適用・普及調査, 地熱, vol. 38, no. 3, p. 43-49.
- 高杉真司・池内研・桑野恭 (2001) : 中国長春市の地中熱利用ヒートポンプによる暖房試験ー極寒冷地への適用・普及調査ー, 地熱エネルギー, vol. 26, no. 4, p. 87-98.
- Takasugi, S., Ikeuchi, K., Kuwano, T., Takahashi, C., (2002) : Application of Geothermal Heat Pump (GeoHP) System at ultra cold area : Changchun city, China, 7th International Energy Agency Conference on Heat Pumping Technologies, vol. 1, p. 343-355.
- 地中熱利用促進懇談会ホームページ : <http://www.geohpaj.org/>