

## アイスランド調査結果

(参考) アイスランドについて

- ・人口…約 32 万人。
- ・面積…約 103,000 km<sup>2</sup>。(北海道の 1.3 倍程度)
- ・主要エネルギーの現状…地熱 6 割、水力 2 割、石油系 2 割、原子力 0。
- ・市民と地熱との関わり…地域暖房の 9 割を地熱開発で得られた熱水を活用。

主なレクリエーションである温水プールの温水も地熱開発で得られた熱水を活用。

## ■各訪問先にて得られた情報

### ①環境省 (Ministry for the Environment)

#### <環境省について>

- ・1990年に創設されたアイスランドで最も若い政府機関である。
- ・地熱および水力の発電所の立地に関するマスタープランを、商工省とともに作成した。  
(マスタープランの詳細は「②商工省」を参照)
- ・環境省の役割は、長期的な視点を持ちつつ、商工省をはじめとした関係機関や専門家との調整を行うことである。直接意見することは少ないが、スペシャリストのコミュニティの組織化を行っている。

#### <環境保全の現状>

- ・国土の20%が保護地域である。(図2参照)
- ・ヨーロッパで最も広い国立公園が存在する。
- ・保護区域の指定は、鳥類や植物、地質、風景に関する重要度から判断する。また指定にあたっては地主の許可を得るほか、地域の意見も聞いている。
- ・国による土地の買い上げも可能であるが、これまでに実績はないし、予算もない。
- ・観光客が毎年5%程度増えているため、観光客からの自然保護も重要な観点となってきた。観光利用に伴う収入によって、歩道や柵の設置にあてている。
- ・ワクナイウト国立公園は、地域の有力者が意思決定し、その統括のもと保護が成り立っている。地域の協力を取り付けた好例である。

#### <開発と環境保全>

- ・過去10年間、開発と環境保全に関して非常に感情的な論争が続いていた。例えば資源を利用することでクウェートみたいな国を目標とすべきという意見や、国立公園として保護できるエリアが広いので観光に力を入れるべきといった意見などがあった。現段階では、何が一番アイスランドにとって大切かを考え、環境省としては、地熱開発と自然の共存を目指すこととしている。
- ・5年ごとの自然保護計画は2ステージに来ているが、地熱開発側との中立が困難であり、計画は遅れている。
- ・水力発電を建設し、得られた電気によりアルミニウムを生産する大規模工場の建設時には、10年以上論争が続いた。
- ・自然環境保全のための権力は政府が有しているが、これまでに行使した実績はない。
- ・科学的な知見に基づき環境影響評価を行っているが、データは必ずしも十分ではない。

#### <地球温暖化対策>

- ・アイスランドでは、石油の使用量が少なく、CO<sub>2</sub>の排出量はわずかである。
- ・CO<sub>2</sub>を水に溶かして地下に戻し、どのくらい長期間とどめることができるのか実験中である。

#### <その他>

- ・地熱開発にて発生する天然ガスも一部には使っているがわずかである。

areas protected under the Nature Conservation Act

- National Park
- Hiking
- Natural Wet
- habitat
- Country parks

Areas protected under special law

- National Park
- Other Regions

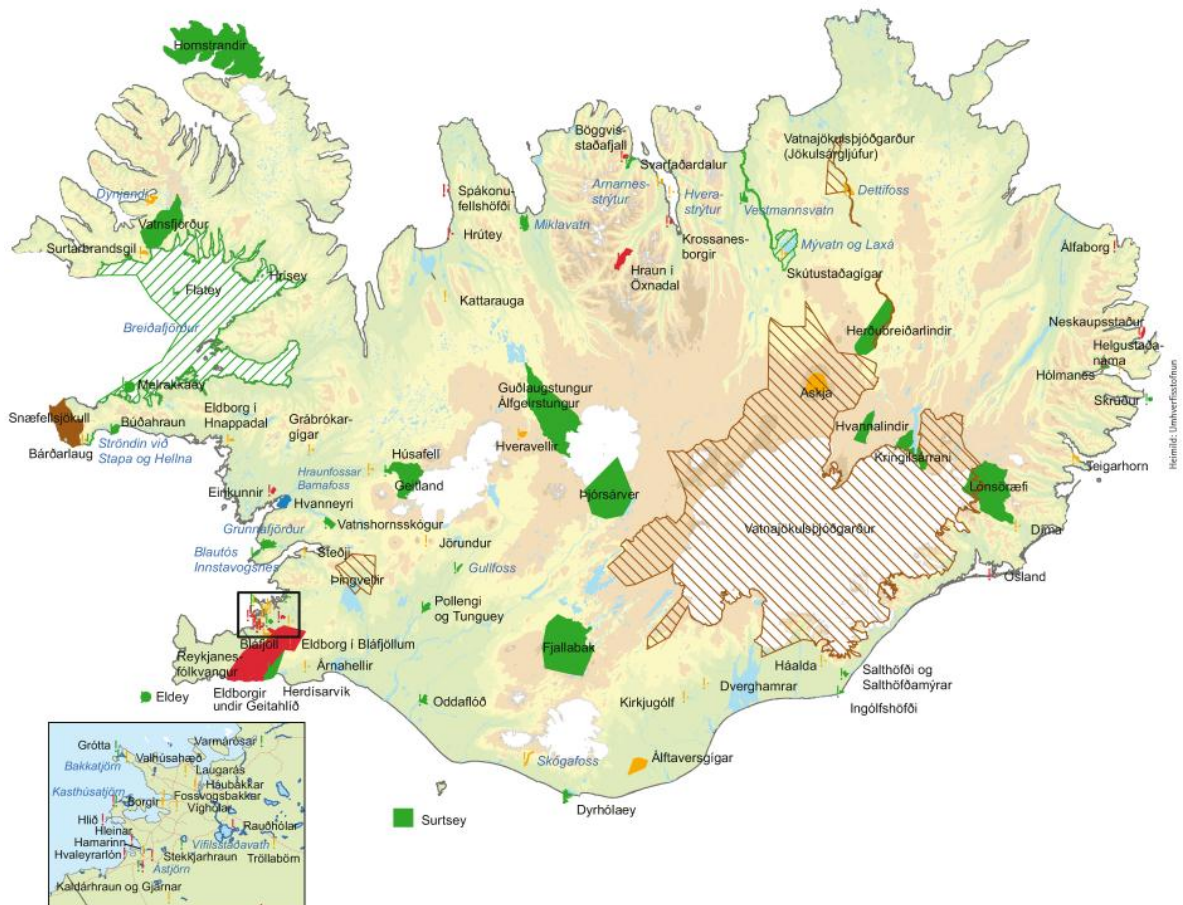


図2 保護地域の分布

(図の出典：アイスランド環境省資料)

## ②商工省 (Ministry of Economic Affairs)

### <商工省について>

- ・地域貢献や地熱関連観光の推進等を実施している。
- ・地熱利用に関する新しい枠組み（2020年までの将来計画）を検討中であり、国民の同意を得てまもなく開始する予定である。

### <マスタープラン>

- ・マスタープランとは、政府が1997年に発行した「社会の持続性についての報告書」にてエネルギー利用の長期的計画の必要性が示され、それを受けて、1999年から策定に向けた動きが始まったものであり、客観性の高い科学的情報の集積の上に成り立つべきである、との考えに基づいている。
- ・この中で、再生可能エネルギーに関連する調査・情報収集がなされた結果、開発適合地／不適合地の分類等、実践的な分析が行われた。特に開発候補地の選定は、商工省が原案（84箇所）を作成し、保護区内の開発候補地を除外（15箇所）した残り69箇所を対象として運営委員会（商工省、環境省等から選出される委員）に諮られ決定された。
- ・現在、マスタープランは、法的担保を得るための最終段階にある。今年11月までの12週間にわたり、住民へのパブリックコメントを募集しており、その後国会に提出される予定である。
- ・マスタープランは未成立でありながら、その過程において、分析データ・結果を含めて広く国民に公表されたため、科学的根拠をもった指針として広く認知されている。

### <国立公園との共生>

- ・国立公園内の地熱資源を利用したいのは日本と同じであるが、国立公園の外に分布する資源からまず利用したい。
- ・国立公園の景観が良好な地点は、観光として利用することが望ましい。
- ・国立公園の地下資源について、外から傾斜掘削して利用することを協議したことはあるが、許可が下りないため実効は難しい。

### <エネルギー利用>

- ・発電された電力の74%はアルミニウム工場にて使用している。現在、3つの会社が存在する。
- ・アイスランドではまだまだ発電量を増加させることが可能である（図3参照）。今後はアルミニウムだけでなく、農業用温室や電気自動車など幅広い利用を考えていく。
- ・また海底ケーブルの敷設により電力を海外に輸出したい。技術革新で送電ロスも解決するだろう。外国からの資金援助も必要である。
- ・EUで原子力の利用削減が進めば、自ずと需要は高まると予想される。既にドイツやイギリスから、送電への関心が示されている。

### <観光>

- ・観光客が毎年5%ずつ増えている。
- ・アイスランドの収入は、1位がアルミニウム工場、2位が観光、3位が漁業である。
- ・特に観光客を大切にするためには自然環境を守ることが必要であるが、環境客が増えすぎると環境破壊の側面も出てしまう。また、観光客を受け入れるためのホテルが不足している。

### <その他>

- ・アイスランドの地熱発電所では、三菱重工や富士電機、東芝などが参入しており、日本の可能性を期待している。

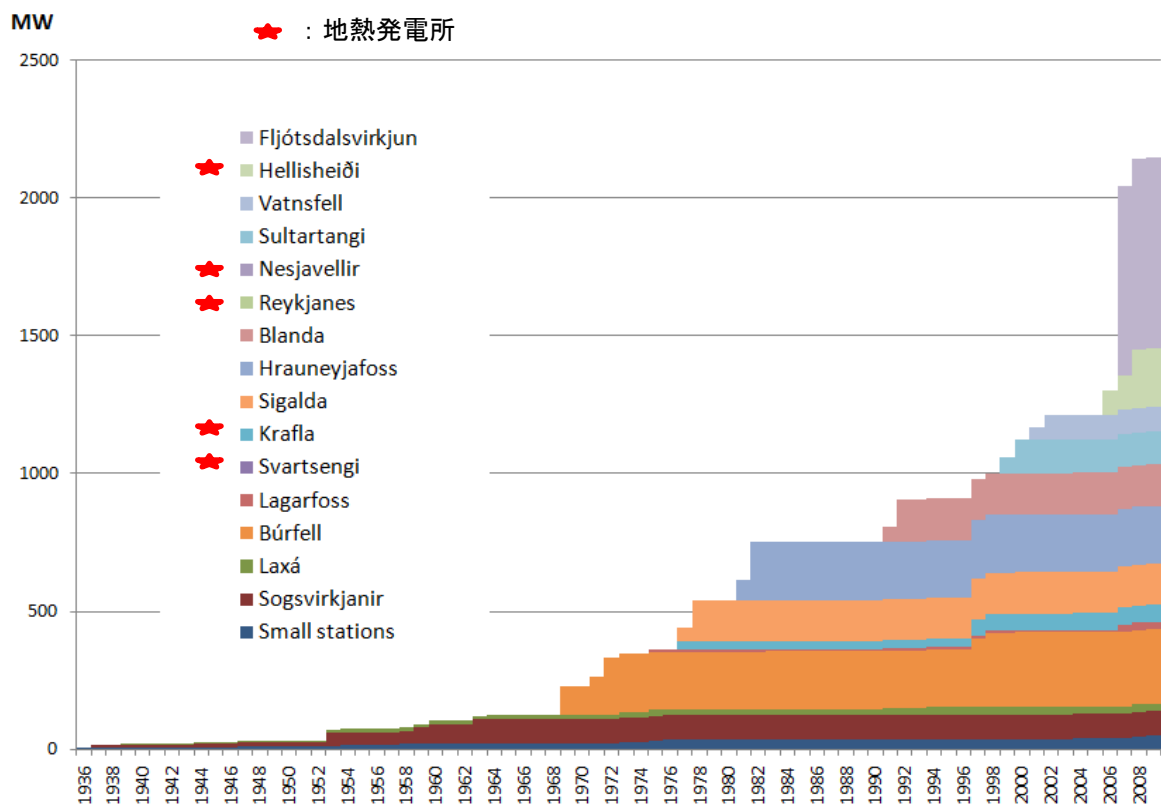


図3 地熱・水力の発電電力量の推移

(図の出典：アイスランド商工省資料)

### ③エネルギー局 (National Energy Authority)

#### <エネルギー局について>

- ・商工省の傘下であり、エネルギー分野の研究発注、データベース集積、管理、知識の普及、エネルギー問題の処理と大臣への助言を行っている。
- ・また、エネルギー資源の研究や発電所の建設、操業、送電線、電力の取引等に関する許認可機関であり、電力料金の監視や品質管理などを行っている。
- ・許認可にあたっては、環境の保護、技術レベル、資源量、安全の4つの観点を重視している。
- ・地熱および水力の発電所の立地に関するマスタープランは、商工省（エネルギー局）と環境省にて作成した。

#### <地熱開発に係る技術>

- ・5000mの井戸を掘削した事例があり、マグマに到達したと推定される黒いガラス質が採取された。その際の温度は、計測限界の400°Cを超えていた。

#### <エネルギー利用の現状>

- ・暖房に使われるエネルギーは、1970年時点で石油が50%強、地熱開発による熱水が40%強であったが、現在は、地熱が90%程度、電気が10%程度となり、石油はごくわずかな割合である。(図4参照)
- ・1kWhあたりのコスト面では、地熱や水力が最も格安であり、次いで天然ガス、バイオマス、風力、潮力、波力、太陽光発電の順である。
- ・アイスランドは、60年前は石油暖房によって市内が黒い煙に覆われていたが、現在は空気が非常にきれいになった。
- ・原子力発電は1950年代に検討したが、現在は必要ないと考えている。
- ・地熱開発による熱水を利用した暖房によって、石油に換算すると2.2MtのCO<sub>2</sub>削減効果が得られている。(2008年実績)

#### <観光利用>

- ・市内高台にはいくつも熱水タンクが設けられている(図5参照)。そのうち一部では展望台が設置され、観光名所ともなっている。
- ・砂浜の下に熱水パイプを敷設し、岸辺に熱水を放水することで、海水浴場を整備している。
- ・スヴァルスエインギ地熱発電所では、周辺の溶岩地帯に熱水をそのまま排水していた結果、広大な温泉地帯となった。この温泉にはシリカが豊富に含まれることによって、皮膚の感染症に良いとされており、ブルーラグーンと呼ばれるヨーロッパの観光客を集める観光地としてにぎわっている。

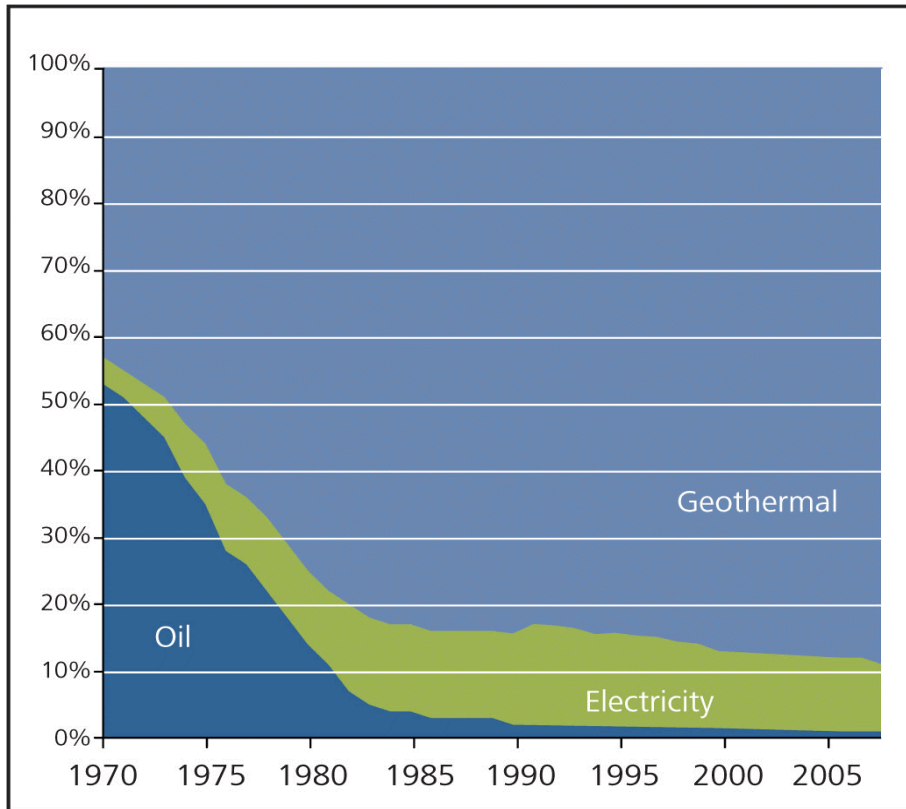


図4 暖房に使われるエネルギーの割合



図5 市街地の高台に設置されている熱水タンク

(図・写真の出典：アイスランドエネルギー局資料)

#### ④外務省 (Ministry for Foreign Affairs)

##### <外務省について>

- ・多くの国々と地熱を通じた外交を行っている。
- ・現在、中国、インド、ロシア、アメリカとは協力関係にある。日本とは、地熱発電所へのタービン納入などこれまでも長い年月にわたって協力関係にあり、これからもより強い関係となるようにしていきたい。

##### <日本へのアドバイス>

- ・アイスランドでは 1970 年代のオイルショックの時代にエネルギー政策の意識を変える必要に迫られ、水力と地熱に力を入れていくこととした。
- ・この結果、40 年が経過し、現在では主要エネルギーの 8 割以上を地熱と水力でまかなうまでに至った。(図 6 参照)
- ・日本でも東日本大震災を受けて、国民の意識を変えるような新しいアイデアが必要だと思われる。その際、1つの方法だけでなく、いろいろなことを考えれば良い。
- ・アイスランドでも地熱開発と自然保護の共存には苦勞している。ネーシャヴェトリル地熱発電所のように、国立公園の近くに建設された事例もある。非常に難しい問題ではあるが、国民が満足し、地域住民にも受け入れられる対策が必要だろう。国がまず行動を起こし、国民を啓発しなければならない。
- ・アイスランドの地熱発電所ではデザイン性にも力を入れており、観光地として成立している。

##### <その他>

- ・アイスランドでは電気を使った産業はもうこれ以上必要ない。電気が余っているため、産業の誘致ではなく、将来的に海底ケーブルにより電気の輸出を行いたい。
- ・今年 (平成 23 年) の末に、アイスランド、日本、EU が共同でセミナーを開催し、これからのエネルギー問題を考えていきたい。



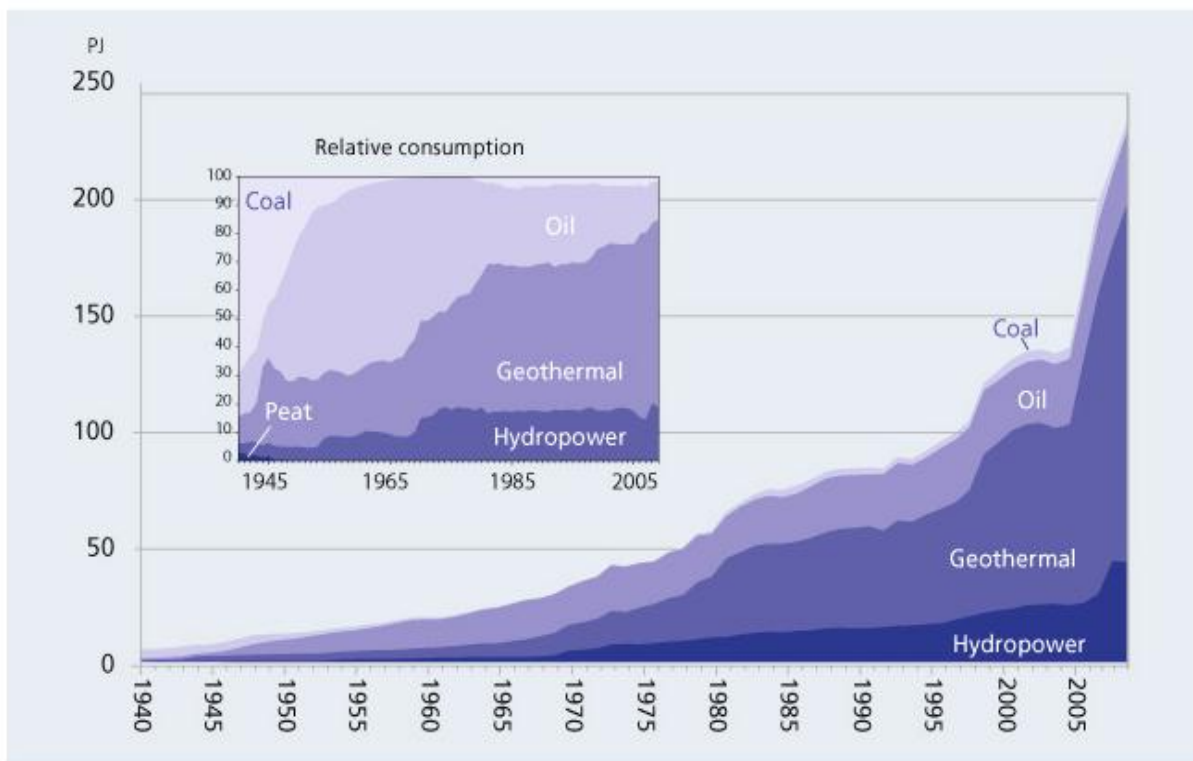


図6 主要エネルギーの利用割合

(図の出典：アイスランドエネルギー局資料)

## ⑤国連大学地熱トレーニングプログラム

(United Nations University Geothermal Training Programme)

### <プログラムについて>

- ・アイスランド共和国が実施するプログラムであり、地熱資源開発に係る人材育成を行う。
- ・発展途上国を対象とし、アイスランド大学と共同で実施している。
- ・30年以上の実績がある。1979年は2人であったが、2011年は30人となっている。
- ・アイスランド側のスタッフが対象国に出向いて学生を面接し、人材を誘致している。
- ・現在、最も学生数が多い国は中国であり、次いでケニア、エルサルバドル、フィリピン、インドネシアである。
- ・プログラムは6ヶ月間である。まず最初の5週間は全体的なプログラムを勉強し、その後9つの専門に分かれ6週間勉強する。その後、自分の国の地熱開発に関する論文を14週間かけて作成する。(図7参照)
- ・本プログラムの内容や提出された論文はすべてインターネットで公開されている。  
(<http://unugtp.is/>)

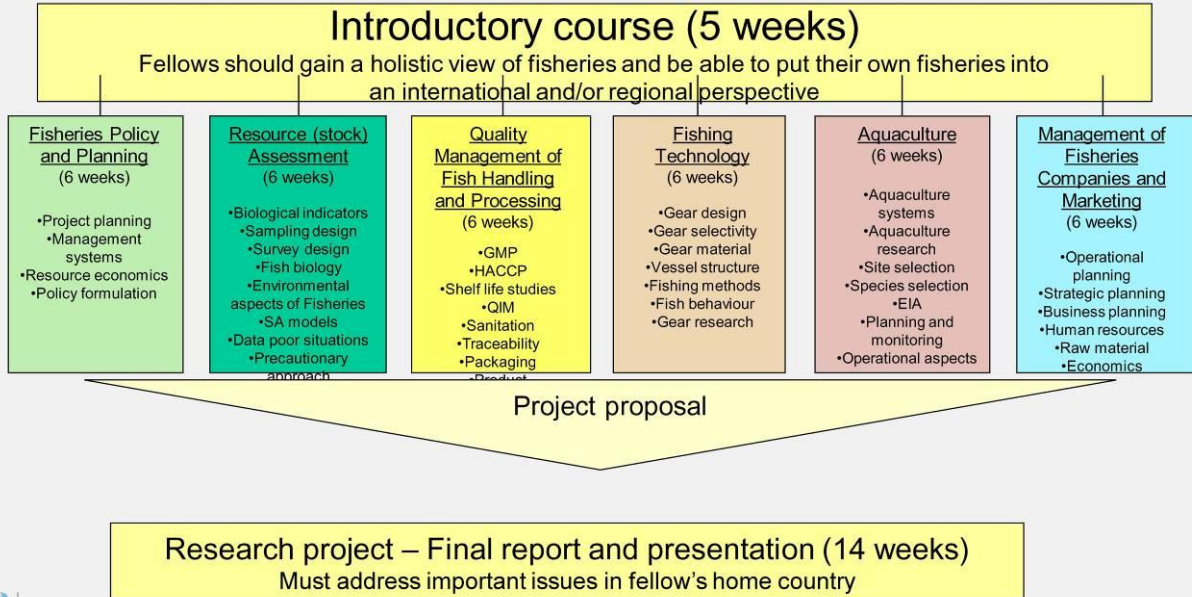
### <アイスランドの地熱開発について>

- ・アイスランドでの地熱利用が進んだのは、1970年代のオイルショック以降の30年間の取り組みの成果であり、日本が原子力への比重を高めたのと相対的である(前記図6参照)。



# UNU-FTP

## Structure of a 6 month training programme in Iceland



UNITED NATIONS UNIVERSITY

GEOTHERMAL TRAINING PROGRAMME

UNU Iceland based Training Programmes

UNU 2011 IBF

図 7 国連大学地熱トレーニングプログラムの概要

(図の出典：国連大学地熱トレーニングプログラム資料)

## ⑥ナショナルエナジー社 (Landsvirkjun National Energy)

### <ナショナルエナジー社について>

- ・ 国有の会社で、社員数は 235 名である。
- ・ 地熱発電所 2 ヶ所、水力発電所 13 ヶ所を保有し、発電量の割合は地熱 4%、水力 96% である。
- ・ 発電した電力のうち、80%はアルミニウム工場に売電する。残りはレイキャビクエナジー社に売電し、家庭用として使用される。
- ・ 現在は利益よりも開発に力を入れている。

### <環境配慮>

- ・ 1 本の坑口に対して、地下で複数本の坑井をタコ足状に掘削することで、地上部への影響を軽減している。
- ・ 地熱発電所周辺の地熱地帯は、観光客に人気があるため、地熱発電所の建設にあたって遊歩道や駐車場を整備した。

### <事後モニタリング>

- ・ 事後モニタリング結果は、毎年政府に報告するほか、ホームページ上にて公開している。また、結果に対する住民意見はメールにて問い合わせが可能であり、特に大学生からの質問が多い。
- ・ 環境変化を見逃すことがないように、事後モニタリングは継続して実施することが大切である。また、データを取っておくことで、議論が可能となる。
- ・ 10 年間の節目ごとに報告書を作成している。

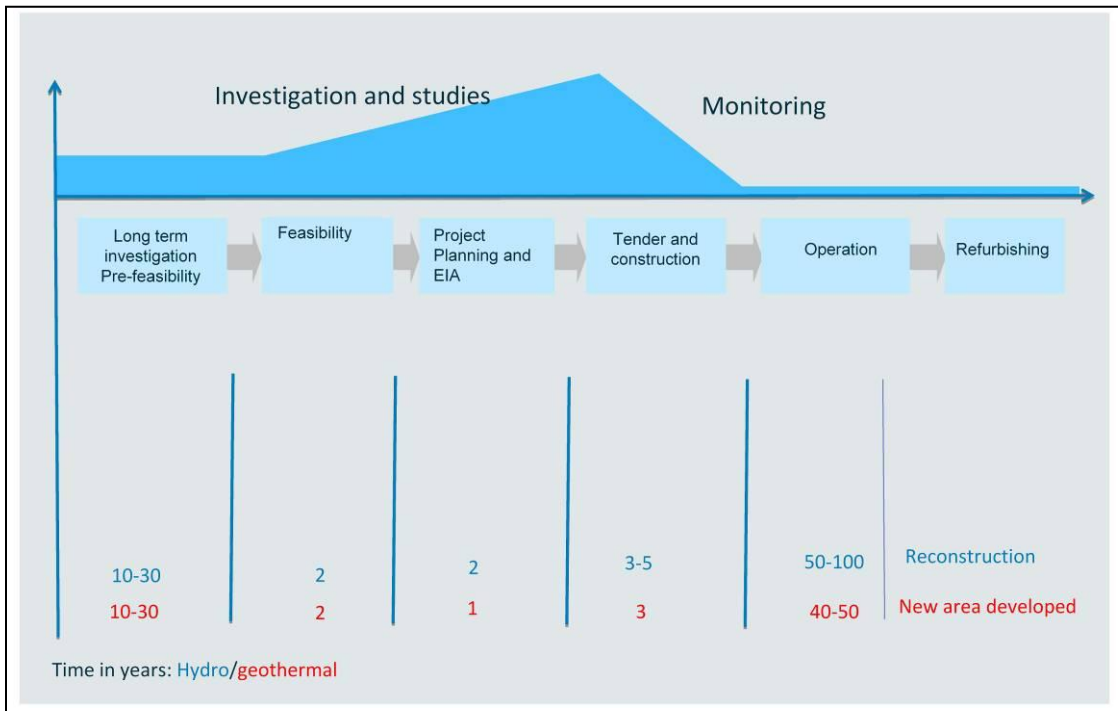


図8 全体工程

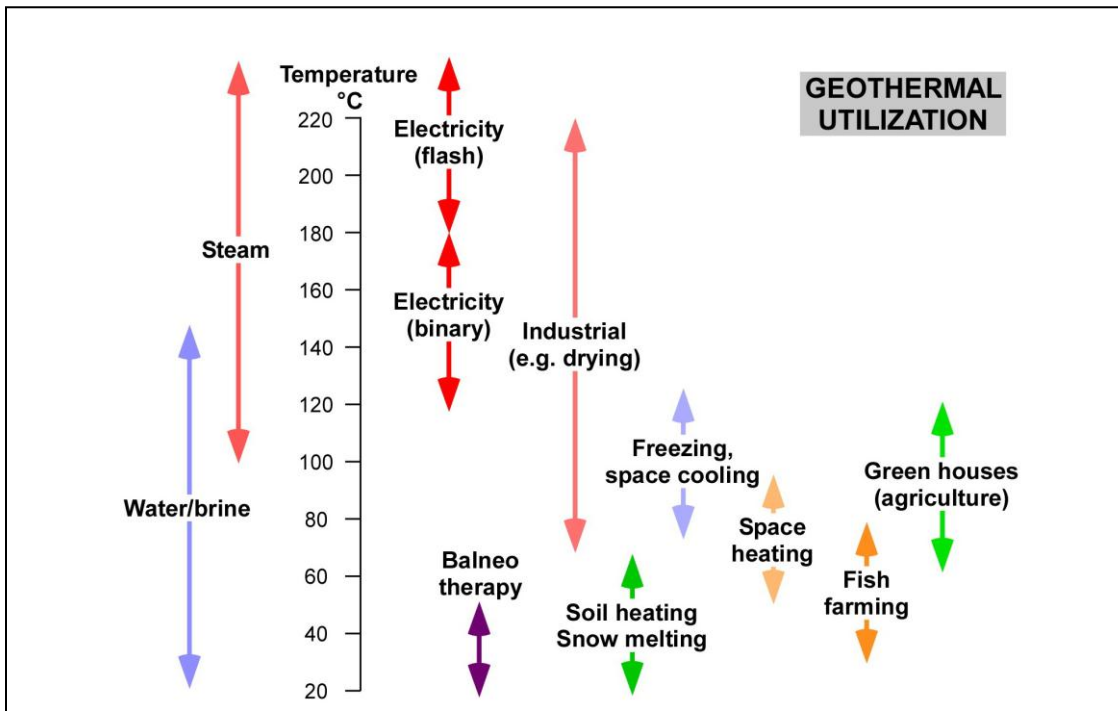


図9 温度と地熱利用の関係

(図の出典：ナショナルエナジー社資料)

## ⑦レイキャビク・エナジー社 (Reykjavik Energy)

### <レイキャビク・エナジー社について>

- ・レイキャビク市がオーナーであり、レイキャビク市とその周辺へ電力や温水を供給している。
- ・ヘトリスヘイジ地熱発電所、ネーシャヴェトリル地熱発電所を保有している。

### <過去の経緯>

- ・レイキャビク市では、1939年から1943年に近隣の地熱地帯からパイプラインを敷設し、熱水の輸送を開始した。
- ・当時は、家の断熱材に使われていた土をパイプラインの断熱材として使用した。
- ・1985年から1990年にかけて、過剰な採取の影響で水圧が低下する現象が生じた。採取量と水位レベルのバランスに配慮すべきであった。ネーシャヴェトリル地熱発電所が完成し熱水供給が開始されたことで、問題は解消された。

### <ネーシャヴェトリル地熱発電所>

- ・プレートが誕生する場所にあたり、河岸段丘のような地形の最も低い場所に建設されている。
- ・1990年から熱水の生産を開始、1999年から発電を開始した。現在、3万kWの発電機4基により、12万kWの発電能力を有している。
- ・レイキャビク市へ供給される熱水は、熱交換した湖の水である。タービンで仕事を終えた蒸気を用いるため、12万kWの発電能力に対して冷却塔が少ない。
- ・レイキャビク市へのパイプラインの延長は約32kmで、1秒あたり560リットルの熱水を輸送する。パイプラインには玄武岩を繊維状にした断熱材（ロックウール）を使用しているため、この間の熱水の温度低下は約1°Cにとどまる。
- ・パイプラインは、景観配慮のため一部を地下埋設としている（約5km）。また、レイキャビク都市部ではすべて地下埋設としている。
- ・パイプラインの地下埋設コストは以前は高かったが、現在は地上設置とほとんど変わらないため、最新のヘトリスヘイジ地熱発電所ではほとんどが地下埋設である。
- ・パイプラインの色は、景観に配慮してダークグレーにしたが、完成してみると太陽が反射して輝くので、失敗だった。
- ・発電所周辺の送電線は、景観配慮のため地下埋設としている。
- ・地熱発電所に近いシンクヴァトラヴァトン湖は、湖の北側が国立公園エリアである。そのため、環境省の協力を得て排水の水質調査を実施している。
- ・発電および熱水供給によって、年間1億トンのCO<sub>2</sub>削減効果がある。
- ・基本的にレイキャビク市から遠隔操作しているが、24時間常駐は2人、通常15人で運転している。

### <ヘトリスヘイジ地熱発電所>

- ・建設工事により地形改変を行ったところは、元に戻す配慮を行った。
- ・生産井の覆いやパイプラインの表面に周辺の土をコーティングすることで、景観への配慮を行っている。