

第 53 回試錐研究会プログラム

日 時 : 平成 27 年 2 月 26 日 (木) 13:10~17:30 (受付開始 12:30)

場 所 : 札幌サンプラザ 2 階「金枝の間」

(札幌市北区北 24 条西 5 丁目 Tel. 011-758-3111)

主 催 : 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所

協 賛 : 北海道地質調査業協会 / 社団法人 全国さく井協会北海道支部

後 援 : 一般社団法人 日本応用地質学会北海道支部 / 一般社団法人 資源・素材学会北海道支部
北海道地域産業技術連携推進会議

13:10 開会

■ 開会の挨拶(13:10 ~ 13:20)

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所
所長 秋田 藤夫

■ 特別講演(13:20 ~ 15:20)

13:20 ~ 14:40 物理探査結果の解釈について

国立大学法人 北海道大学大学院理学研究院 地震火山研究観測センター
教授 茂木 透

14:40 ~ 15:20 北海道における新エネルギー導入拡大の取組

北海道経済部産業振興局環境・エネルギー室
主査 天内 孝

休憩および展示(15:20 ~ 15:50)

○北海道地方土木地質図(GIS データ)

日本応用地質学会北海道支部

○地熱資源開発理解促進のための「3D プロジェクター」の活用

上川町・(株)ウェザーコック

■ 一般講演(15:50 ~ 17:20)

15:50 ~ 16:20 高品質コアボーリングについて

北海道地質調査業協会 広報委員長 鈴木 孝雄

16:20 ~ 16:50 井戸洗浄革命 アースエアージェット工法の開発と実績事例

アーストラストエンジニアリング(株) 福井 亮・出口 千裕

16:50 ~ 17:20 先進国の事例と洞爺湖町における地熱開発の取り組みについて

洞爺湖温泉利用協同組合 専務理事 四宮 博

■ 閉会の挨拶(17:20 ~ 17:30)

北海道地質調査業協会
理事長 千葉 新次

17:30 閉会

18:00 ~ 意見交換会

目次

■ 特別講演

物理探査結果の解釈について	01
---------------------	----

国立大学法人 北海道大学大学院理学研究院 地震火山研究観測センター
教授 茂木 透

北海道における新エネルギー導入拡大の取組	13
----------------------------	----

北海道経済部産業振興局環境・エネルギー室
主査 天内 孝

■ 一般講演

高品質コアボーリングについて	21
----------------------	----

北海道地質調査業協会
広報委員長 鈴木 孝雄

井戸洗浄革命 アースエアージェット工法の開発と実績事例	29
-----------------------------------	----

アーストラストエンジニアリング(株)
福井 亮・出口 千裕

先進国の事例と洞爺湖町における地熱開発の取り組みについて	39
------------------------------------	----

洞爺湖温泉利用協同組合
専務理事 四宮 博

特別講演

物理探査結果の解釈について	01
---------------------	----

国立大学法人 北海道大学大学院理学研究院 地震火山研究観測センター
教授 茂木 透

北海道における新エネルギー導入拡大の取組	13
----------------------------	----

北海道経済部産業振興局環境・エネルギー室
主査 天内 孝

物理探査結果の解釈について

北海道大学大学院理学研究院
地震火山研究観測センター
茂木 透

概要

- 物理探査結果の解釈とは
- 比抵抗や弾性波速度を決める要因
- 統合物理探査
- 地熱地域の探査
- マグネトテリク法、比抵抗トモグラフィーについて

物理探査の3要素

1. 測定

データの取り方(効率と精度)
コストとのバランス

2. 解析(モデル作成)

理想的3次元解析との差
精度とコスト

-----せまい意味での物理探査

3. 解釈

物性間、地質との関係の物理的根拠
設計、施工に必要なパラメータの推定

現状では:測定、解析は、標準が示されたが、
解釈はどうするのか?

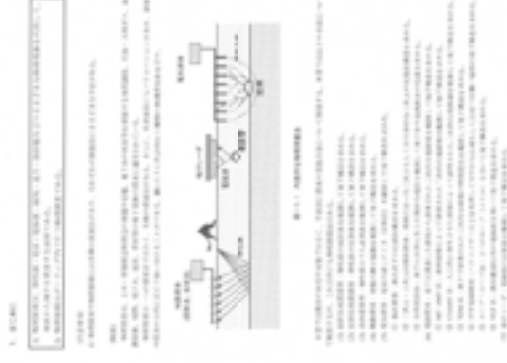
新版 物理探査適用の手引き 土木物理探査マニュアル2008

目標

- 1) 土木技術者に物理探査をより正確に理解していただき、土木建設に役立ててもらうこと
- 2) 物理探査の品質保証を定め、そのための技術の標準化をめざす。



(内容例)



各手法の国際的標準化をめざす



1. Introduction

1) Geophysical methods are a range of techniques that are used to investigate the subsurface of the earth in order to obtain a range of physical parameters such as density, velocity, elasticity, magnetic susceptibility, resistivity and magnetic susceptibility and resistivity.

2) Geophysical techniques are used to investigate the subsurface of the earth in order to obtain a range of physical parameters such as density, velocity, elasticity, magnetic susceptibility, resistivity and magnetic susceptibility and resistivity.

3) There are several different geophysical methods and they are used for several different purposes.

4) Geophysical methods are used to investigate the subsurface of the earth in order to obtain a range of physical parameters such as density, velocity, elasticity, magnetic susceptibility, resistivity and magnetic susceptibility and resistivity.

5) The geophysical methods are used to investigate the subsurface of the earth in order to obtain a range of physical parameters such as density, velocity, elasticity, magnetic susceptibility, resistivity and magnetic susceptibility and resistivity.

6) Geophysical methods are used to investigate the subsurface of the earth in order to obtain a range of physical parameters such as density, velocity, elasticity, magnetic susceptibility, resistivity and magnetic susceptibility and resistivity.

Figure 1.1: Geophysical methods.

These text describes and explains geophysical methods by reference to the following figures. Figure 1.1 shows the geophysical methods used to investigate the subsurface of the earth in order to obtain a range of physical parameters such as density, velocity, elasticity, magnetic susceptibility, resistivity and magnetic susceptibility and resistivity.

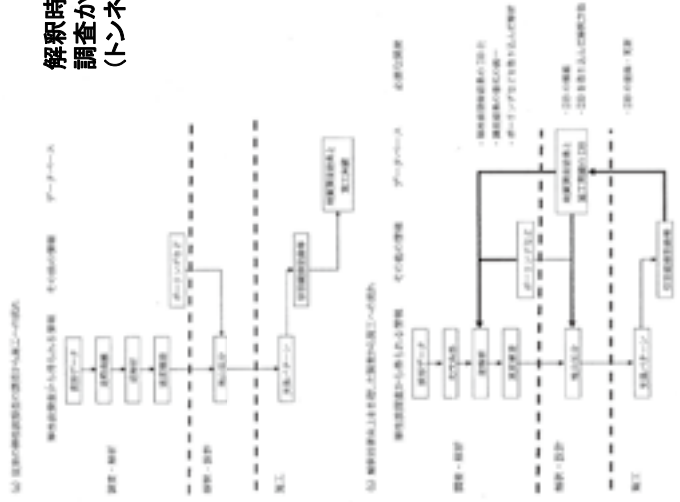
弾性波探査屈折法の進歩

分類	技術	1990年代以前	2000年代
測定	測定器	アナログ 24 成分	デジタル 24~144 成分
	測定方法	1 周回は 24 成分	複数の周回を同時に測定
解折	モデル化	層構造	層構造もしくはホモゲナム
	波線計算	スネルの法則により手計算	最短路法などにより計算機で計算
	逆解折	鉄原の方法などの仮式解法	非線形最小二乗法による逐次修正
解折・利用	方法	手解折	計算機で解折
	解折方法	P 波速度と地質から経験的に設計	P 波速度と地質から経験的に設計
調査対象		主にトンネル・ダムなど山岳地の調査	主にトンネル・ダムなど山岳地の調査

林・他(2010)

1. 測定、2. 解折は進歩したが、解釈はあまり進歩がない

解釈時術向上のための調査から施工への流れ (トンネル調査の例)



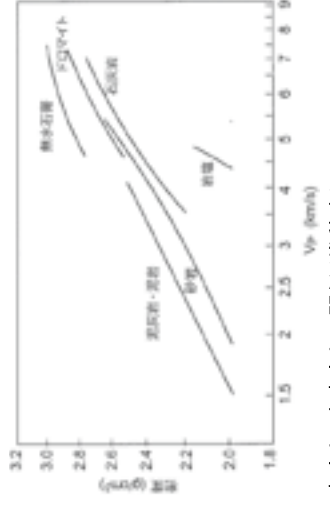
林・他(2010)

弾性波速度を決める要因

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

ここで、K:体積弾性率、μ:剛性率、ρ:密度、また、ν:ポワソン比は以下のようように与えられる。

$$\nu = \frac{1}{2} \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{(V_p/V_s)^2 - 1}$$

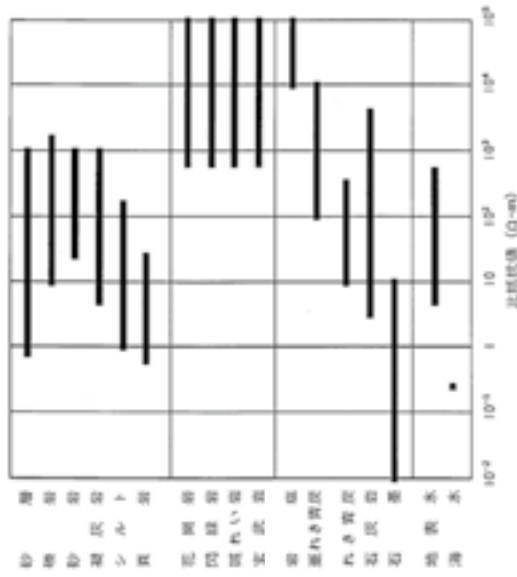


密度とP波速度との関係 (堆積岩) ケガン・バルニアアワカス(1992)



岩石のP波速度ヒストグラム (物理探査学会, 1989)

岩石、土の比抵抗



岩石の比抵抗値の範囲
同じ岩石でも比抵抗値は何桁も違う (物理探査学会(1989))

多孔質媒質における弾性波速度に関する物性

	流体を含まない多孔質媒質	流体を含む多孔質媒質
体積弾性率	$K = K_s \left(1 - \beta \frac{\phi}{A}\right)$	$K_s = K + \frac{K_f \left(1 - \frac{K}{K_s}\right)^2}{\phi \left(1 - \frac{K}{K_s} - \phi\right) \frac{K_f}{K_s}}$
剛性率	$\mu = \mu_s \left(1 - \beta' \frac{\phi}{A}\right)$	$\mu_s - \mu$
密度	$\rho = \rho_s (1 - \phi)$	$\rho' = \rho_s (1 - \phi) + \rho_f \phi$
P波	$V_p = \left(\frac{K + (4/3)\mu}{\rho}\right)^{1/2}$	$V_p = \left(\frac{K_s + (4/3)\mu}{\rho'}\right)^{1/2}$
S波	$V_s = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)^{1/2}$	$V_s = \left(\frac{\mu}{\rho'}\right)^{1/2}$

K:体積弾性率、 μ :剛性率、 ρ :密度、 ϕ :空隙率、添え字 s: 固体、f: 流体

$$\frac{1}{V} = \frac{\phi}{V_f} + \frac{1-\phi}{V_s}$$

を仮定して導出。ここで、V:岩石の弾性波速度、 V_f :空隙流体の速度、 V_s :岩石粒子の速度。弾性波速度は、流体を含む場合、その速度に関係するので、流体のタイプ(水、ガス、石油等)、温度、圧力により変化する。

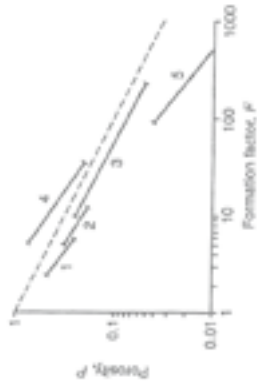
ケガーテン・バルシニアウカス(1992)

比抵抗と空隙率との関係

- 地表近くでは鉱物の電気伝導度は非常に小さいので、岩石の電気伝導度は、空隙に含まれる溶液の電気伝導度、量、連続性により決まる。
- Archie's Law

$$\rho_p = \rho_s \cdot a \cdot S_w^m \cdot \phi^n = \rho_s \cdot F$$

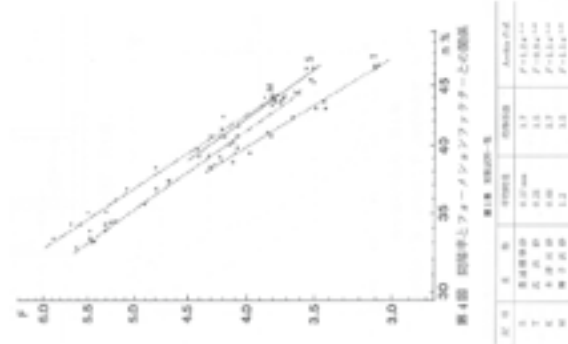
ρ_s : 岩石の比抵抗、 ρ_w : 空隙水の比抵抗、 ϕ : 空隙率、 S_w : 空隙の水飽和度であり、 $F = \rho_s / \rho_w$ を地層係数(Formation Factor)という。



Archieの法則の例 (Schon, 1996)

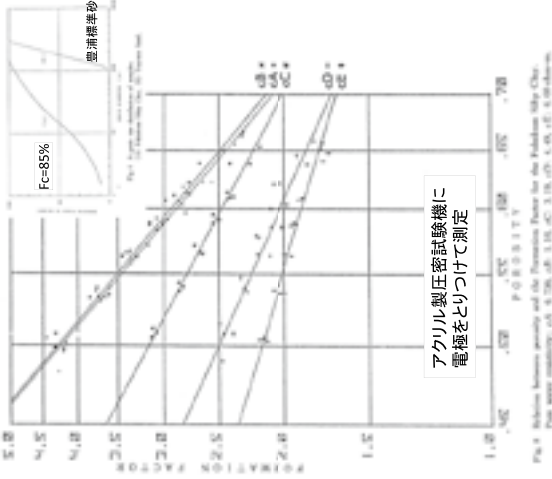
1. 第3紀の堆積岩(a=0.88, m=1.37), 2. 中生代の堆積岩(a=0.62, m=1.72), 3. 古生代の堆積岩(a=0.62, m=1.95), 4. 多孔質火山岩(a=3.5, m=1.44), 5. 緻密な火成岩(a=1.4, m=1.58)。点線は、a=1, m=2の場合

砂の比抵抗

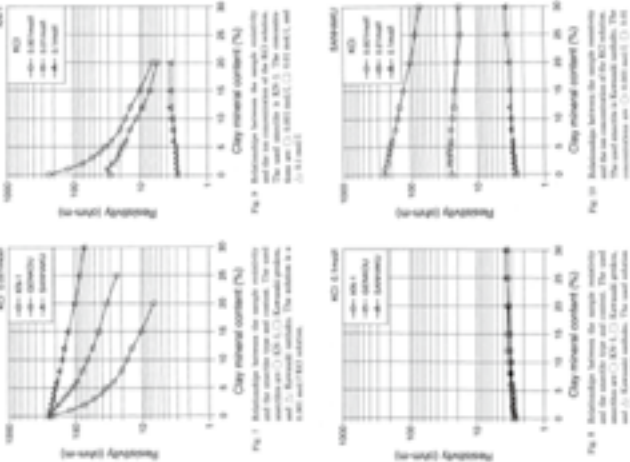


茂木、佐々(1983)

細粒土の比抵抗

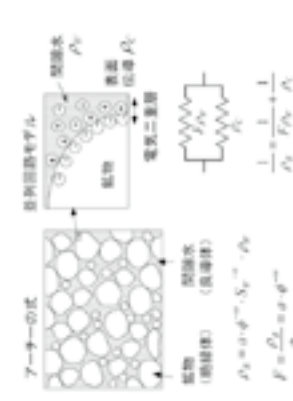


間隙水の比抵抗によりF-n関係が変化する。 茂木・他(1986)

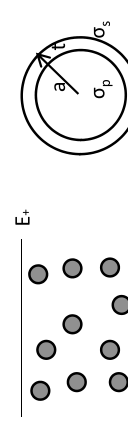


土中の電気伝導、
 粒径が小さい場合は、比表面積(単位体積当たりの
 表面積)粒子表面の表面伝導が顕著になり比抵抗が
 小さくなる。
 高倉(2014)

間隙水が高比抵抗の場合(塩濃度が薄い場合)は、
 粘土が多くなると比抵抗は下がるが、間隙水が
 低比抵抗の場合(塩濃度が濃い場合)は、粘土
 含有量が多くなっても比抵抗はあまり変わらない。
 このことは、海水が混じるような環境では、粘土が
 混じっても比抵抗は小さくならない。
 高倉、他(2000)



Archieの法則の理論的導出



図A. 一樣電場の中の等大球分散系 図B. 導電性薄殻球
 一樣な電場の中に等大球が分散している系の場合、
 球相互の影響を無視すると、以下の式が成り立つ

$$\frac{\sigma_0 - \sigma_m}{\sigma_0 - 2\sigma_m} = \frac{\sigma_p - \sigma_m}{\sigma_p - 2\sigma_m} \phi \quad (1)$$
 ここで、 σ_0 :系全体の電気伝導度、 σ_m 、 σ_p はそれぞれ媒質、
 球の電気伝導度であり、 ϕ :粒子の体積分率である
 (Maxwell, 1954)。この式は希薄分散系に対して成り立つ
 が、体積分率が大きい分散系の場合は、以下の式になる。

$$\frac{\sigma_0 - \sigma_p}{\sigma_m - \sigma_p} \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_p} \right)^{1/3} = 1 - \phi \quad (2)$$

Rue and Tobias (1959)
 ここで、粒子の電気伝導度を $\sigma_p = 0$ とすれば、

$$\frac{\sigma_0 - \sigma_p}{\sigma_m} = n - 2/3 \quad (3) \text{ or } \frac{\rho_0}{\rho_m} = n - 1.5 \quad (4)$$

ここで、 n :間隙率である。
 (4)式は、等大球分散系に対してArchieの式は、
 $a=1, m=1.5$ とすることを示している。

球粒子が導電性の薄殻を持つ場合を考える。一樣
 電場中の導殻付球を考えると、粒子の電気伝導度
 σ_{p0} は以下のようになる (Frick and Curtis, 1936)。

$$\sigma_{p0} = \sigma_p \frac{(2\sigma_s + \sigma_p)(\alpha + t)^3 + (\sigma_s - \sigma_p)\alpha^3}{(2\sigma_s + \sigma_p)(\alpha + t)^3 + (\sigma_s - \sigma_p)\alpha^3} \quad (5)$$

$$\sigma_{p0} = 2t\sigma_s / \alpha = 2K_s / a \quad (6)$$
 ここで、 σ_s : 半径、 t :薄殻の厚さである。
 この σ_{p0} を(2)式の σ_p と置き換えれば、球粒子の周り
 に導電性薄殻を持つ場合の式が得られる。
 同様の考え方で、回転楕円体粒子の場合は、以下の
 式で与えられる。

$$\frac{\sigma_0 - \sigma_p}{\sigma_m - \sigma_p} \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_p} \right)^L = 1 - \phi \quad (7)$$

$L = \alpha - \beta / \alpha b$ と与えられ、 $\alpha = \sigma_m / \sigma_p - 1$ であり、
 β :楕円体が偏長か偏平か、また、その軸方向と電場
 方向との関係で決まる値である。楕円体が細長いま
 たは偏平なほど L は小さくなり、従って、電気伝導度も
 球粒子に比べ小さくなる(比抵抗は大きくなる)。
 回転楕円体の場合も(5)式と同様の式が成り立ち、(6)
 式のような条件のもとでは以下の式になる。

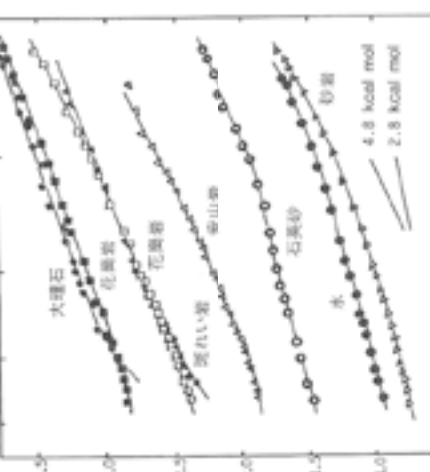
$$\sigma_{p0} = (1 - L)(2ab + b^2)K_s / ab^2 \quad (8)$$
 ここで a :回転軸方向の軸長、 b :回転面方向の軸長である。
 この σ_p を(7)式の σ_p と置き換えれば、回転楕円体
 粒子の周りに導電性薄殻を持つ場合の式が得られる。

比抵抗値の温度による変化

地殻中では、鉱物の電気伝導度は非
 常に小さく絶縁体と思考えてよい。した
 がって、岩石中の電気伝導は、その
 間隙に存在する流体(水)の電気伝導
 に支配される(流体の電気伝導度、量、
 分布一連続しているか)。

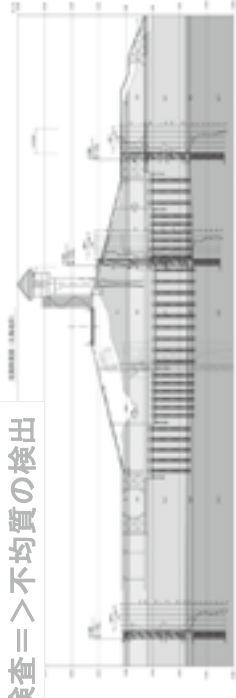


0.01mol/lのNaCl溶液の電気伝導度の
 温度、圧力による変化。
 300°C位までは電気伝導度は大きくなるが、
 それ以上になり蒸気になると圧力依存性が
 失われる。
 森、陶山(1980)、Quist and Marshall(1968)

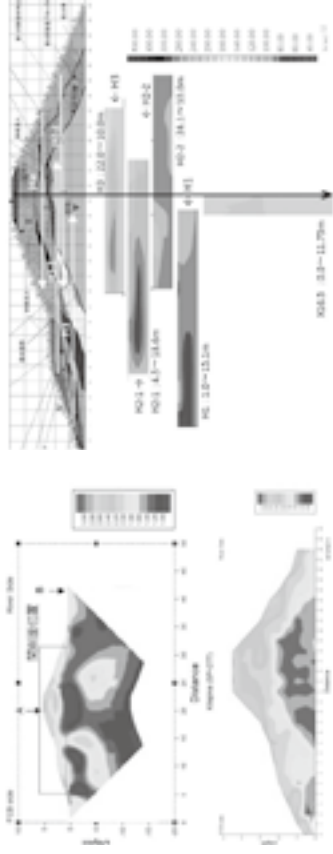


温度による岩石の比抵抗変化
 水の温度変化とほぼ同様に化する
 横山・他(1983)

全量検査⇒不均質の検出



ポーチングだけで作られた地質断面図(千歳川・北島地区)



堤防開削面上での電気探査による比抵抗分布
(上図)と開削面での比抵抗測定による比抵抗分布

開削面のスケッチと開削面でのS波速度測定分布

解釈まで考えて探査するためには、対象毎に何が期待されるのかを明確にする。
一連の地質調査の中での物理探査の役割は何か

これまでの位置づけ

“地質踏査をして、物理探査をして、ポーチングをして、現場試験や土質試験をやる”というのが普通の進め方であるが、その間にお互いの特徴を生かす協調はあったのか？

これまでの役割:

全体的な地質を見て、工事対象場所や問題のありそうなところ物理探査で確認。
ポーチングの抗間を補間する。

それだけでよかったのか？

地表地質踏査だけで、全体が見えるか

特に、平地や盛土、堤防などの構造物では、全体は見えない。

それで、物理探査による全体の把握が必要ではないか⇒全量検査

限られた時間に広い範囲を(コストを(かけずに)カバー)できる探査の開発

特に、保守維持管理には、危険箇所をもらさないことが重要

他の調査との協調し解釈まで考える⇒統合物理探査

設計、工事計画に必要な岩質、土質特性や水理特性は、物理探査で測定される弾性波速度や比抵抗と1:1には対応しない。

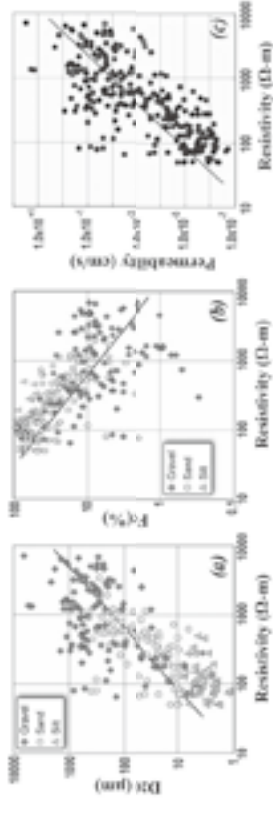
弾性波探査: 弾性波速度から、力学的強度を推定

電気探査: 比抵抗値から、岩質、土質構成、含水状態の推定

・複数の探査を実施すれば、もれなく土質、水理状況が把握できる

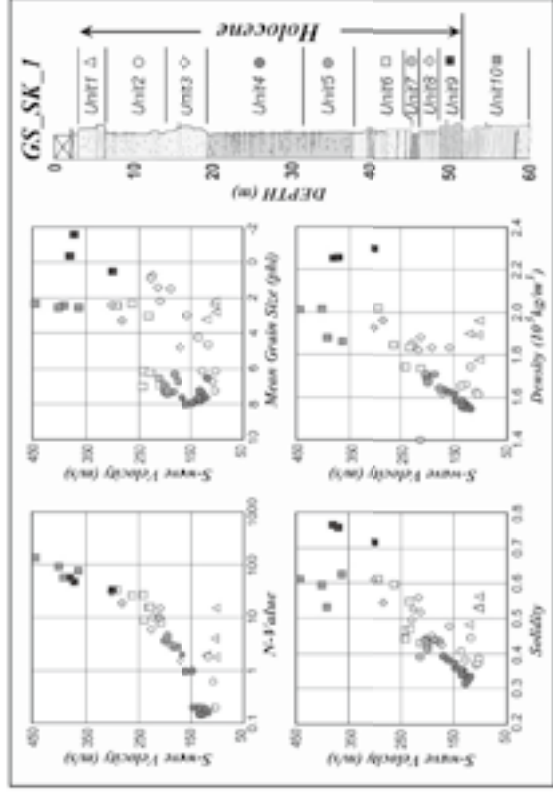
・他の調査との協調で解釈を高度化する

⇒統合物理探査



堤防での比抵抗と透水性(Inazaki and Hayashi, 2011)

S波速度とN値、平均粒度、固理性、密度との関係 (Inazaki, 2006)



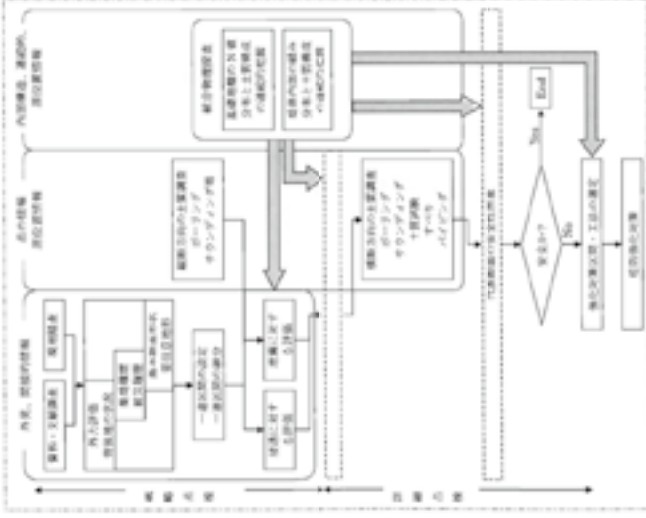
対象(堤防の強度、透水性)に対する探査手法の適合性の検討

(物理探査学会, 2013)

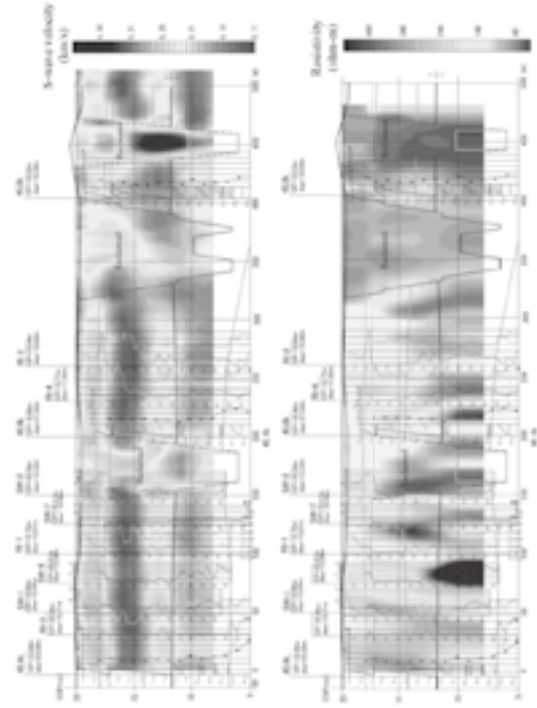
表 3.1.1 河川堤防調査における物理探査に要求される事項

項目	説明
(1) 非破壊性	堤防の安全性に影響しない非破壊あるいは低侵襲性の探査手法であること。
(2) 経済性	調査から結果の出力までのトータルのコストが低いこと。
(3) 作業性	作業効率が高いこと。具体的には 500m 程度の測定ができること。基礎基礎の操作性に優れており、機頭操作および解析方法の習熟が困難でないこと。堤防での測定に制約がないこと。
(4) 探査深度	堤体および基礎地盤を対象とし、地表から深さ 20 m 程度までの領域を探査可能な手法であること。
(5) 構造分解能	異常部を識別できる十分な構造分解能を有すること。具体的には水平方向に 10 m 程度の分解能、垂直方向に数 m 程度の分解能が確保できること。
(6) 有用性	堤防の危険度評価に必要な物性情報 (特に S 波速度、比抵抗) を連続イメージングできること。
(7) 展開性	方法論およびデータ処理・解析過程が客観的で、技術的ノウハウが提示されていること。測定装置、解析ツールが一般的に入手、使用可能であり、特定の機関が特地的に所有している技術でないこと。

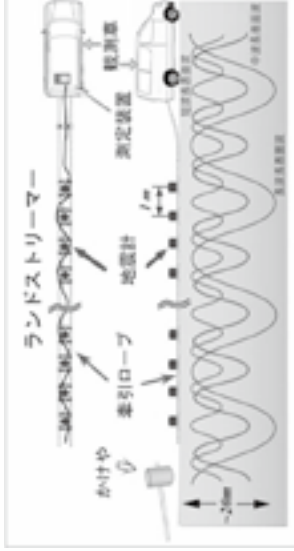
堤防調査の
中での位置
づけ、他との
協調



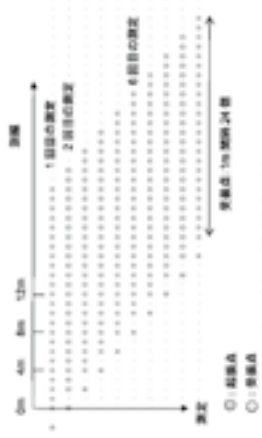
物理探査学会,
(2013)



宇治川堤防でのS波速度分布、比抵抗分布とボーリング、原位置試験結果の比較
 Sha:速度:牽引式受信機アレイ(ランドストリーマ)による表面波探査
 比抵抗:キャパシタ電極による牽引式電気探査 (Takahashi and Yamamoto, 2009)



ランドストリーマによる表面波探査

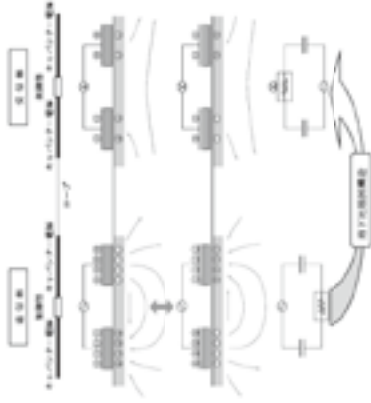


測定方法

効率のよい調査 I



物理探査学会、(2013)

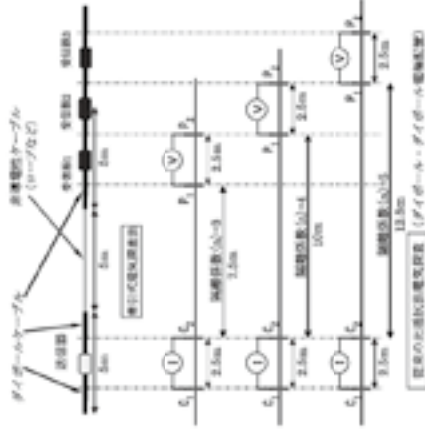


キヤバハンタ電極の原理



牽引式電気探査の調査方式
物理探査学会(2013)

効率の良い調査 II



電磁法による比抵抗マッピング



電磁法の原理(光畑、稲崎、2008)



千曲川での比抵抗マッピング
(Inazaki and Hayashi, 2011)

統合物理解査

1. 対象に対する最適な探査法の選択、組み合わせ
2. 地質調査、ボーリング、原位置試験、土質試験データとの統合解釈

役割

非破壊検査
全量検査
異常の検出
不均質性

対象地域をもらさずに探査
異常を検出したところでボーリング、原位置試験

今後の技術的課題
広域、大量の効率的測定

効率的な探査法の開発
連続的な測定 (2次元、3次元構造を求めめる)
さらにスピードアップのために=カーボーン、エアボーン

効率的な物理解査をめざして:カーボーン



車を使ったストリーマーメーカーブル表面波探査や
牽引式電気探査

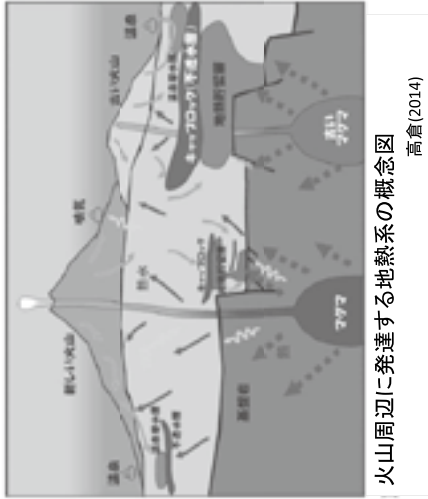


車で引っ張る電磁法 (Geophex WEBより)

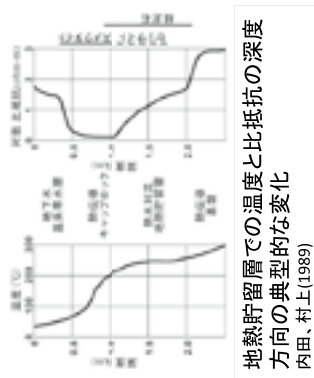


地熱地域の探査

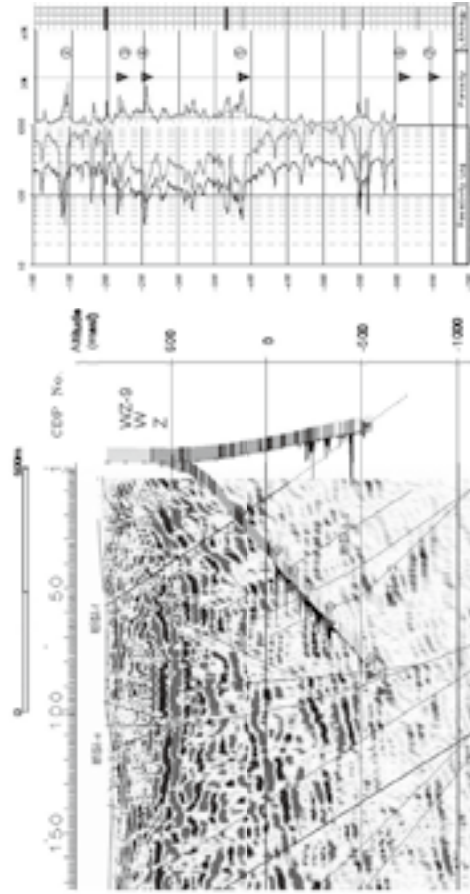
- 標準的方法
- 重力探査: 基盤構造、断裂帯の検出
- 比抵抗探査 (Magnetotelluric法): 貯留層構造
- ボーリングや地化学データと合わせて比抵抗構造の解釈
- => 噴気試験
- => 地熱貯留層のシミュレーション



火山周辺に発達する地熱系概念図 高倉(2014)

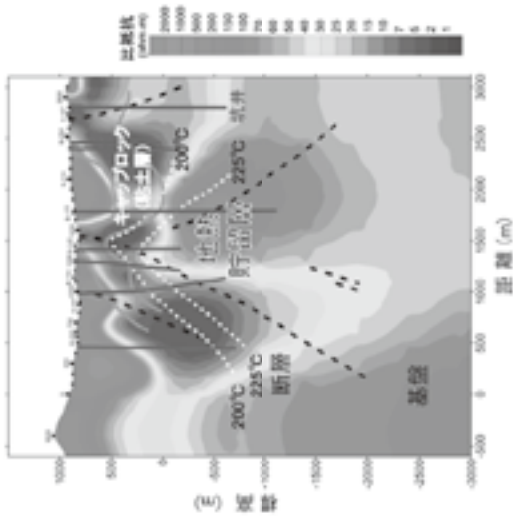


地熱貯留層での温度と比抵抗の深度方向の典型的な変化 内田、村上(1989)



地震反射法による断列系の探査(秋田県・秋の宮地熱地域の例) 断列型貯留層の位置が反射面の不連続としてとらえられている。 Mizutani (2011)

地熱地域の比抵抗構造の例

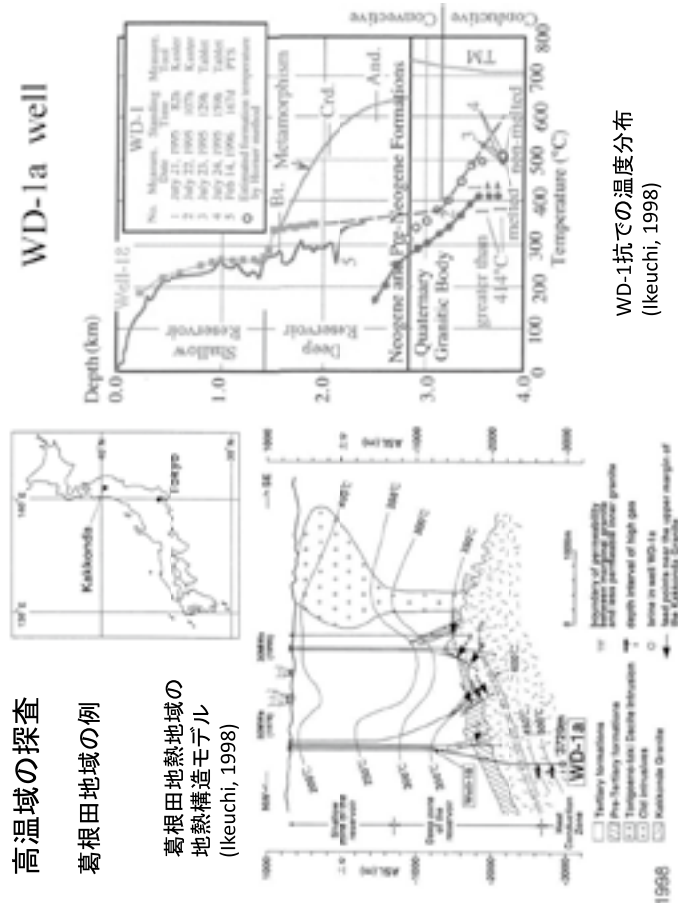


鹿児島県大霧地熱地域の比抵抗構造 高倉(2014)

高温の探査

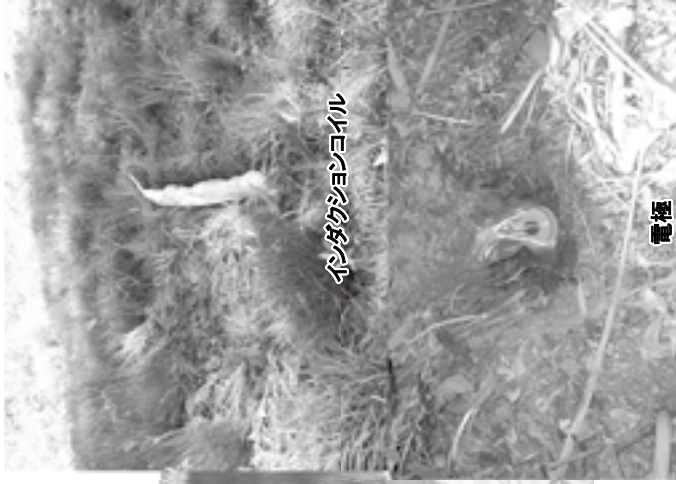
葛根田地域の例

葛根田地熱地域の地熱構造モデル (Ikeuchi, 1998)



WD-1抗での温度分布 (Ikeuchi, 1998)

どのような観測機材を使うか



Phoenix社(カナダ)製
MTU-5型MT観測機

テンソルインピーダンス

地球内部の比抵抗分布(比抵抗構造という)が均質または水平層構造でないときは、電場と磁場との間のインピーダンスを以下のように定義する。

$$\begin{cases} E_x = Z_{xx}H_x + Z_{xy}H_y \\ E_y = Z_{yx}H_x + Z_{yy}H_y \end{cases} \quad \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix} \quad (7)$$

このように定義されるZをテンソルインピーダンスという。

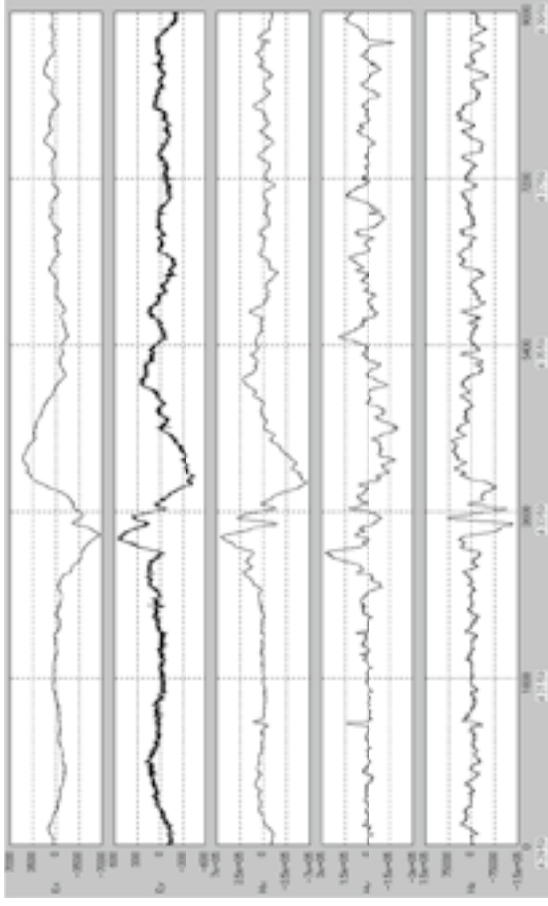
比抵抗構造が均質または水平層構造のとき(一次元構造という)は、

$$Z_{xx} = Z_{yy}, Z_{xy} = Z_{yx} = 0 \text{ である。そのとき、見掛け比抵抗は、}$$

$$\rho_o = (1/\cos\theta)Z_{xx} \quad \rho_{\theta} = (1/\cos\theta)Z_{xx}$$

比抵抗構造の変化がxまたはy方向どちらからのみするとき(二次元構造という)、電場、磁場の測定方向もxまたはyに一致させれば、 $Z_{xx} = Z_{yy} = 0, Z_{xy} \neq Z_{yx}$ である。このときは見掛け比抵抗は二方向で定義できて、

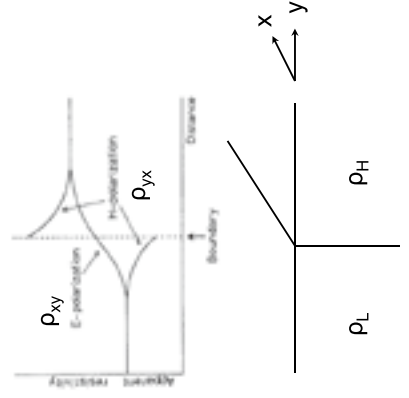
$$\rho_o = (1/\cos\theta)Z_{xx}^2, \quad \rho_{\theta} = (1/\cos\theta)Z_{xy}^2$$



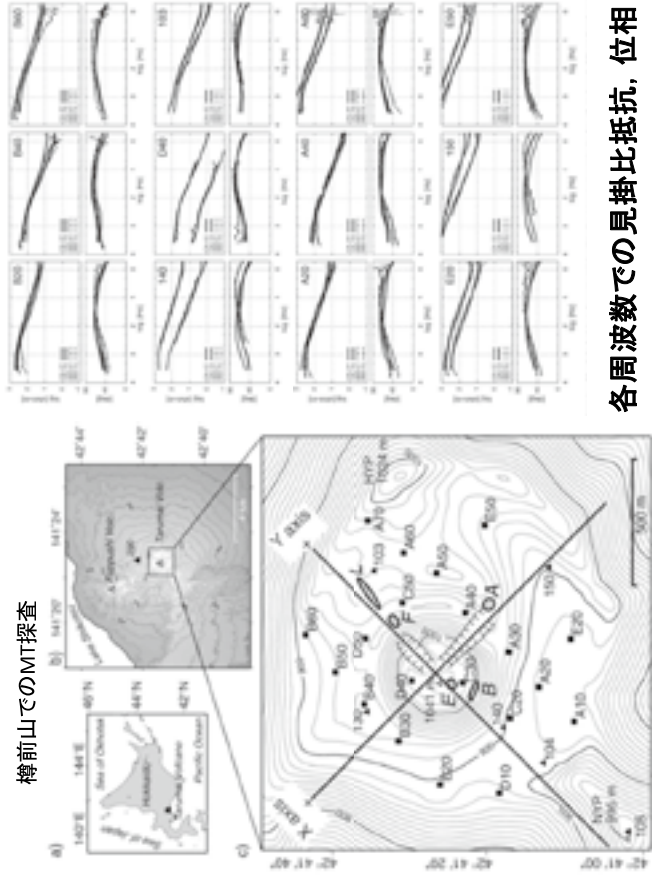
電場、磁場変動の記録
電磁誘導: 互いに直交するEx-Hy, Ey-HX成分間に相関がある。

B polarization and E polarization

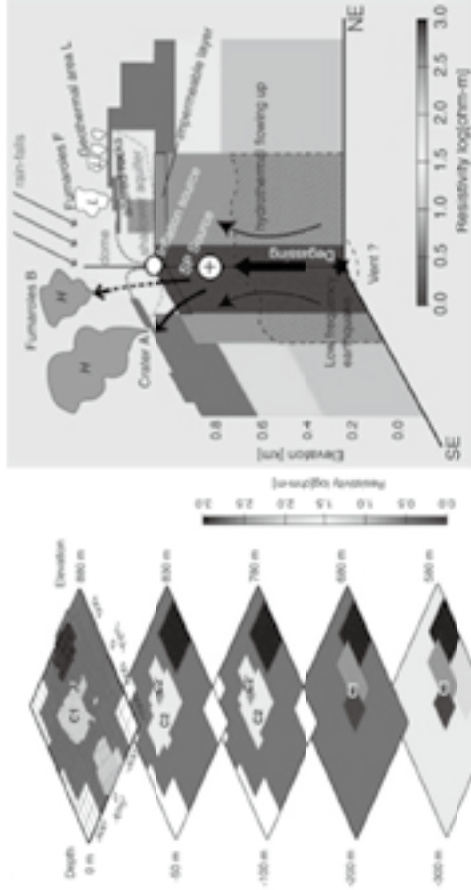
比抵抗構造の変化しない方向に磁場を測った場合をH polarization、その方向に電場を測った場合をE polarizationという。たとえば、比抵抗構造の変化がx方向にないときは(走向がx)、 ρ_{yx} : E polarization、 ρ_{yx} : B polarizationになる。



樽前山でのMT探査



各周波数での見掛け比抵抗, 位相

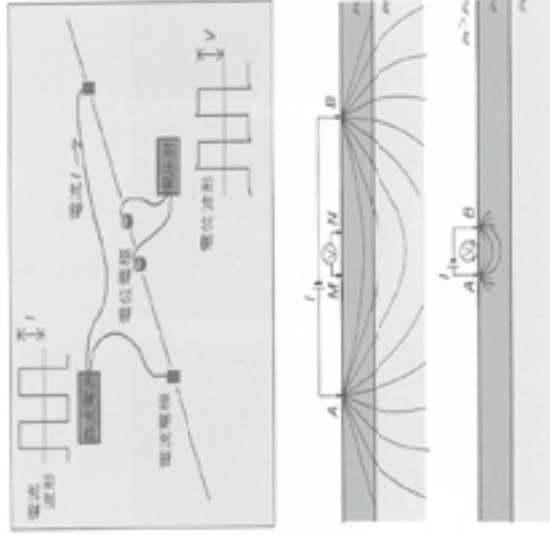


比抵抗から見た3次元
地下構造モデル

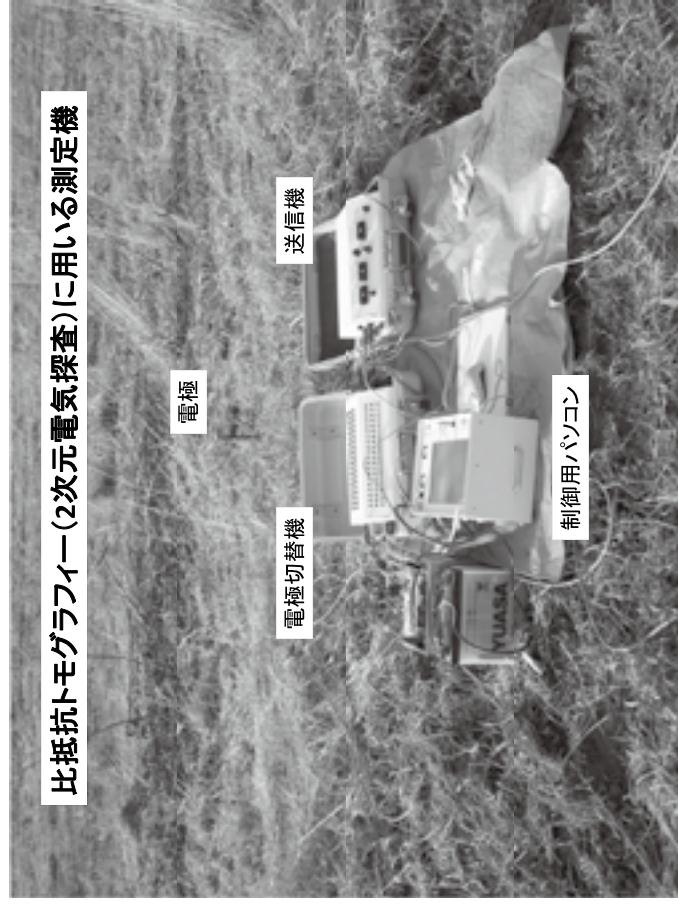
3次元比抵抗構造

Yamaya et al. 2009

比抵抗法電気探査の原理



物理探査学会
(1988)
図解物理探査



見掛比抵抗の定義

電流源 C_1 から電流 I_1 、電流源 C_2 から電流 I_2 を大地に流したとき、点 P_1 での電位は、 $C_1 P_1$ 、 $C_2 P_1$ をそれぞれの電流源から P_1 までの距離とすれば、

$$V_0 = \frac{\rho I_1}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1 P_1} + \frac{1}{C_2 P_1} \right)$$

比抵抗法電気探査では、図のような電極配列が使われることが多い。

A(+), B(-) を電流源として、M(+), N(-) での電位 V_1 、N(-) での電位を V_2 とすると MN 間の電位差 $V (= V_1 - V_2)$ を用いて、

$$\rho = G \frac{V}{I}$$

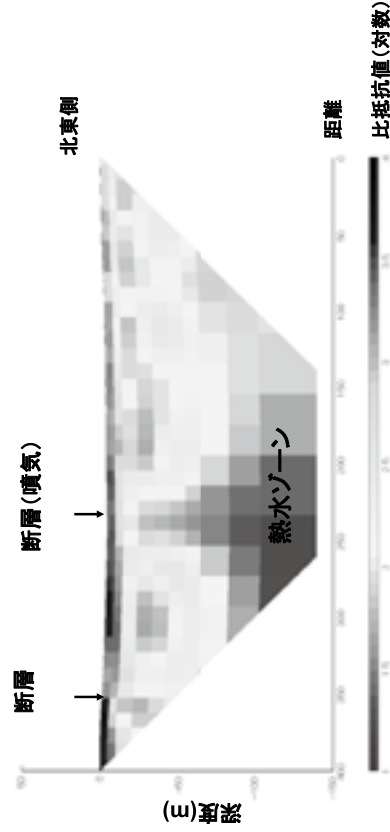
$$G = 2\pi \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

G を電極配置係数という。

図 3-7 代表的な電極配置

物理探査学会 (1989)

2次元電気探査による比抵抗分布



有珠山での電気探査
噴気地の地下に熱水ゾーンがある
茂木・橋本(2005)

見掛比抵抗分布の特徴

なぜいろいろな電極配列を考えるか？

電極配列により、見掛け比抵抗分布に特徴があり、構造に対する感度も異なる。

ウェンナー電極配列

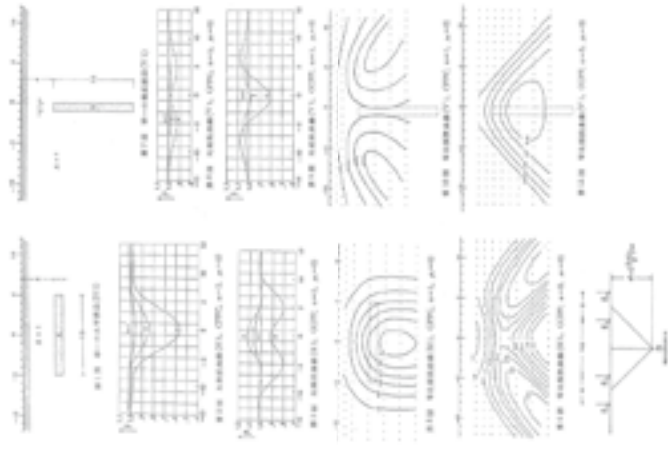
(等間隔CPPC)

水平構造に感度がよい。

エルトラン電極配列

(等間隔CCPP)

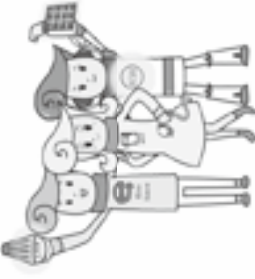
垂直構造に感度がよい。



まとめ

- 物理探査の3要素のうち、測定、解析は技術的進歩が大きいが、解釈は対象が多様性であるがゆえに難しい。
- 弾性波速度や比抵抗いろいろな要因で変化する。
- 複数の探査法の組み合わせやボーリング結果を含めた解釈を行い、設計、施工まで考慮した一連調査の中で位置づけを明確にした統合物理探査法を進める。
- 地熱地域の一連調査の中で、物理探査はボーリングや貯留層シミュレーションによる結果と検証しながら解釈を進めることが望ましい。
- 弾性波探査に加えて、マグネトテリク法や比抵抗トモグラフィーを行うことにより、地下に関する独自の情報をえることができる。

北海道における 新エネルギー導入拡大の取組



平成27年1月
北海道経済部環境・エネルギー室

I. 北海道における新エネルギーのポテンシャルと導入状況

<豊富な新エネルギー源>

- 北海道は、太陽光や風力、バイオマス、地熱、石炭といった多様なエネルギー源が豊富に賦存し、とりわけ新エネルギーの活用に向けては全国随一の可能性あり
- エネルギーの地産地消などの取組、固定価格買取制度を契機として数多くの構想が提起

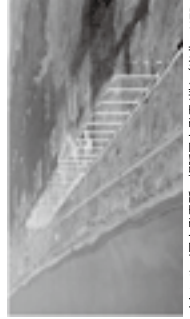
<北海道の導入ポテンシャル>

風力発電：全国1位（年平均風速6.5m/s以上の適地は、全国の45%を占める） ※1
 地熱発電：全国1位（熱水資源150℃以上の導入ポテンシャル量は、全国の58%を占める） ※2
 中小水力発電：全国1位（導入ポテンシャル量は、全国の約10%を占める） ※3
 太陽光発電（非住宅）：全国2位（導入ポテンシャル量は、全国の約5%を占める） ※3

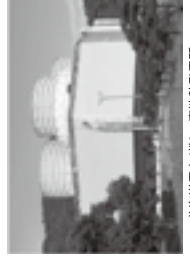
※1 「H22風力エネルギーの導入可能性に関する調査」（経済産業省）
 ※2 「H24再生可能エネルギーに関するアンケート調査基礎情報報告」（環境省）
 ※3 「H22再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」（環境省）



シャープ苫小牧第一太陽光発電所（出典：シャープ）



オートンレイ風力発電所、幌延風力発電(株)（出典：NEDO）



北海道電力(株) 森地熱発電所

目次

- I. 北海道における新エネルギーのポテンシャルと導入状況
- II. 新エネルギー導入拡大にあたっての課題
- III. 道の取組、新エネルギーの導入目標

北海道における新エネルギーの導入状況

○北海道における新エネルギー導入実績（発電） （単位：万kW）

区分	H24年度 実績	H25年度 概算速報値
太陽光(住宅)	8.0	10.2
太陽光(非住宅)	2.4	23.1
風力	28.8	31.7
中小水力	81.1	81.1
バイオマス	2.4	2.5
地熱	2.5	2.5
廃棄物	23.8	23.8
合計	149.0	174.9

（北海道経済部環境・エネルギー室調べ）

※太陽光の非住宅は出力10kW以上、住宅は出力10kW未満のもの
 ※H25概算速報値は、固定価格買取制度の認定設備のうち、H25年度に稼働した施設の設備容量をH24実績に加算

○固定価格制度による再生設備の認定状況 （平成26年11月末現在） （単位：万kW）

区分	全国	北海道	全国 シェア
太陽光 (10kW未満)	334.1	6.0	1.8%
太陽光 (10kW以上)	6,688.4	275.3	4.1%
風力	143.4	14.1	9.8%
中小水力 (1,000kW未満)	4.1	0.1	3.6%
中小水力 (1,000kW以上)	29.8	4.7	15.9%
バイオマス	147.7	16.4	11.1%
地熱	1.5	0.01	0.1%
合計	7,348.9	316.7	4.3%

（出典：経済産業省資源エネルギー庁）

※ 四捨五入の関係で合計が合わないことがある
 ※ バイオマスは、バイオマス比率考慮あり

バイオマス発電

導入量
2.5万kW
【H25年度速報値】

設備利用率
70%

(水原、家畜ふん尿(バイオマス)
(平成24年度実業調査結果から算出
：環境・エネルギー省)

買取価格 (1kWhあたり)

未利用木材 32円
メタン発酵ガス 39円
一般木材、その他 13～19円
(エネルギー・環境会議
コスト等検証委員会)

導入事例

○ 津別単板協同組合、丸玉産業(株) (津別町、木質バイオマス)



バイオマスコージェネレーション設備、写真左下は4,700kWの発電機

○ 鹿追町環境保全センター (鹿追町、バイオマスプラント)



100kWと200kWのコーゼネ発電機2基により発電、電気はプ
ラント内で利用する他、余った電力は売電 (鹿追町のHPより)。

トピックス

- **バイオマス産業都市**
 - ・道内5地域が選定 (全国22地域)
 - ①下川町 (木質地域熱利用・発電)、②別海町 (バイオガス発
電・熱利用)、③十勝地域(19市町村)(バイオガス、木質発電、
熱利用、BDF)、④釧路市 (バイオガス、木質発電、熱利用、
BDF)、⑤網走町 (バイオガス、木質発電)
- **家畜ふん尿**
 - ・平成26年5月、別海町と三井造船(株)が国内最大規模
(1.8MW)のバイオガス発電施設の建設を開始
 - ・北電と北電がNEDOの事業を活用して、高産率バイオマス
発電の出力制御に関する実証実験を実施。
- **木質バイオマス**
 - ・道内で大規模バイオマス発電所の建設が計画
 - ①王子グループ(江別、25MW)、②住友林業・住友
共同電力 (紋別、50MW)、③三井物産・イフワラ、住友林
業・北ガス (苫小牧、5.8MW)

地熱発電

導入量
2.5万kW
【H24年度実績】

設備利用率
80%

(エネルギー・環境会議
コスト等検証委員会)

買取価格

40円(15,000kW未満)
26円(15,000kW以上)
(1kWhあたり)

発電単価 (1kWhあたり)

9.2～11.6円
(エネルギー・環境会議
コスト等検証委員会)

トピックス

- 再エネ設備認定状況(H26.10月末) (地熱15,000kW未満)
- 認定数 全国で31件
- 北海道 1) 福島県(1) 長野県(1) 熊本県(2)
- 北海道(1) 福島県(1) 鹿児島県(1)
- 大分県(25) 鹿児島県(1)
- 事業者：(株)エイゴウ (東京都、図書刊行会グループ)
- 建設予定地：弟子屈町
(バイオリー) を想定、また、発電後の温排水を温室
用を使用、野菜栽培等の2次利用を行っている。
(図書刊行会ホームページより)
- 地域における取組
- 平成26年度 国の「地熱開発促進関連事業支援補助金」に、
道内から15件の事業が採択 (進捗の事業含む)。
- その他、複数の企業による開発プロジェクトが進行中。
例) 標津町武佐岳、上川町白沢沢、赤井川村阿女崎岳 等

導入事例

○ 北海道電力(株) 森地熱発電所



(茅部町森町字滝川、運転開始：昭和57年11月、総出力：25,000kW)

付近では余熱を利用したトマトの栽培も行っています。

バイオマス発電

導入量
2.5万kW
【H25年度速報値】

設備利用率
70%

(水原、家畜ふん尿(バイオマス)
(平成24年度実業調査結果から算出
：環境・エネルギー省)

買取価格 (1kWhあたり)

未利用木材 32円
メタン発酵ガス 39円
一般木材、その他 13～19円
(エネルギー・環境会議
コスト等検証委員会)

導入事例

○ 津別単板協同組合、丸玉産業(株) (津別町、木質バイオマス)



バイオマスコージェネレーション設備、写真左下は4,700kWの発電機

○ 鹿追町環境保全センター (鹿追町、バイオマスプラント)



100kWと200kWのコーゼネ発電機2基により発電、電気はプ
ラント内で利用する他、余った電力は売電 (鹿追町のHPより)。

トピックス

- **バイオマス産業都市**
 - ・道内5地域が選定 (全国22地域)
 - ①下川町 (木質地域熱利用・発電)、②別海町 (バイオガス発
電・熱利用)、③十勝地域(19市町村)(バイオガス、木質発電、
熱利用、BDF)、④釧路市 (バイオガス、木質発電、熱利用、
BDF)、⑤網走町 (バイオガス、木質発電)
- **家畜ふん尿**
 - ・平成26年5月、別海町と三井造船(株)が国内最大規模
(1.8MW)のバイオガス発電施設の建設を開始
 - ・北電と北電がNEDOの事業を活用して、高産率バイオマス
発電の出力制御に関する実証実験を実施。
- **木質バイオマス**
 - ・道内で大規模バイオマス発電所の建設が計画
 - ①王子グループ(江別、25MW)、②住友林業・住友
共同電力 (紋別、50MW)、③三井物産・イフワラ、住友林
業・北ガス (苫小牧、5.8MW)

雪氷冷熱・地中熱

■ 雪氷冷熱

JAとやや調

● 雪氷エネルギーを利用した農産物貯蔵施設 (雪蔵) の導入



農産物貯蔵施設システム概要 貯雪庫
 ・農産物の長期保存の現況と食味の向上
 ・付加価値形成による高産増産 (雪蔵しゃがいも) 「雪蔵物
 語 (貯蔵野菜)」
 ・冷蔵において電力に代わるエネルギーの地産地消を実現。
 (農産物日印 JAとやや調のホームページより)

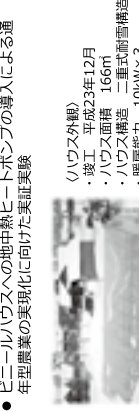


● ハイブリッド型自然冷熱システム (雪蔵) の導入
 トリエンエネを採
 用する建物工場
 ハイエナール
 技術実証プラント
 (美幌市HPより)

■ 地中熱

北見ニセコ町

● ピニールハウスへの地中熱ヒートポンプの導入による通
年型農業の実現化に向けた実証実験



(ハウス外観) 平成23年12月
 ・竣工 面積 166㎡
 ・ハウス構造 二重式雪積構造
 ・暖房能力 10kW×3



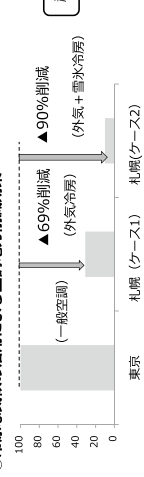
ヒートポンプシステム ハウス内の様子
 ● 町が目指すもの
 ・環境に配慮した通年型農業の実現
 ・安定した販路確保 (農業団) と食とエネルギー
 (観光・商工面) の地産地消システムの構築

実証・開発の適地としての北海道

- 道内では、超電導直流送電、大型蓄電池、雪冷システムなど先端技術開発の様々な取組が開始
- 各種エネルギー新技術や新エネルギーの多角的活用について、生産・研究開発拠点や実証研究プ
ロジェクトが集積した、実証・開発フィールドの中心地となる可能性あり

■ データセンター

○ 冷涼な気候の活用による空調電力削減効果



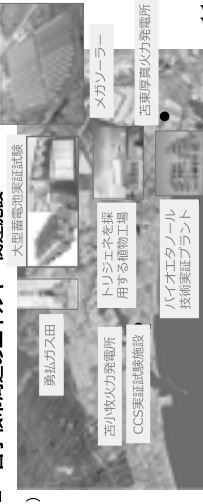
○ さくらインターネット・石狩データセンター (直接外気冷房を採用)



■ 石狩湾新港地域における高温超電導直流送電実証実験



■ 苫小牧市周辺のエネルギー関連施設

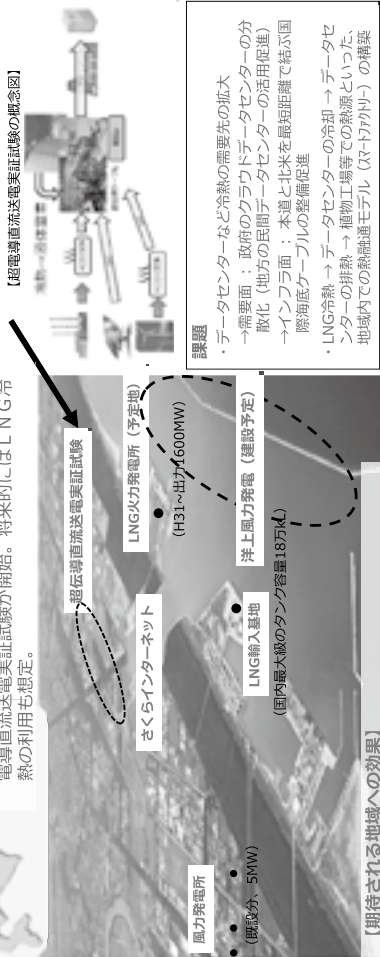


石狩湾新港地域 ～ LNG冷熱を核とした新たな展開

分散型エネルギーインフラプロジェクト (総務省)

- 風力発電所のほか、H24年12月にはLNG輸入基地が設置され、H31年度からはLNG火力発電所が順次稼働する予定。
- H26年度からは、データセンターを送電先とした超電導直流送電実証試験が開始。将来的にはLNG冷熱の利用も想定。

石狩
●札幌



【期待される地域への効果】

- ・ 直流電流を供給可能とする新たな電力インフラの誕生
- ・ データセンターなど電力多消費型施設の誘致
- ・ 冷熱の利活用先として既存の冷蔵倉庫群への供給
- ・ 超電導技術を活用する次世代型量子線治療施設の誘致

12

課題

- ・ データセンターなど冷熱の需要先の拡大
→ 需要面：政府のクラウドデータセンターの分散化（地方の民間データセンターの活用促進）
→ インフラ面：本道と北米を最短距離で結ぶ国際海底ケーブルの整備促進
- ・ LNG冷熱 → データセンターの冷却 → データセンターの排熱 → 植物工場等での熱源といった、地域内での熱融通モデル（スマートファクトリー）の構築

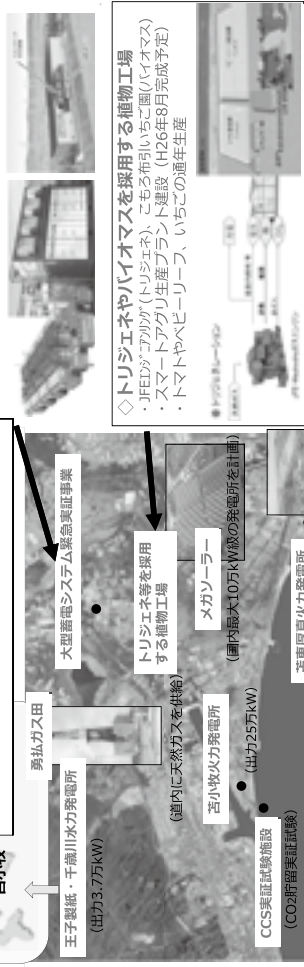
【石狩市スマートエネルギーポータル構想】策定へ
(総務省)「分散型エネルギーインフラプロジェクト」マスタートラック実証事業」を活用

苫小牧東部地域 ～ 大型蓄電池、熱融通の新たな展開

大型蓄電システム緊急実証事業

- 国内最大級の工業団地「苫小牧」があり、また自然エネルギーをはじめ、多様なエネルギーの宝庫
- こうした多様で豊富なエネルギーを地域内で融通し、有効活用できる可能性あり

札幌
●苫小牧



課題

- ・ 苫小牧地域内の多様なエネルギー（電気・熱・天然ガス等）を地域内で融通するモデルの構築
- ・ 植物工場をはじめとした地域内への食関連産業の集積に向けた規制の緩和（植物工場の製造業みなし等）

【期待される地域への効果】

- ・ 実証試験施設における試験終了後、関連する生産工場の誘致
- ・ 熱融通の促進による植物工場への誘致（例：工場排熱を活用した植物工場）

◇可能性のある工場省エネルギー対策

- 【熱融通による温水送用蒸気節減】
- ・ 火力発電所排熱回収
 - ・ 排水処理設備排熱回収
 - ・ 製造設備排熱回収
 - ・ データセンター排熱回収

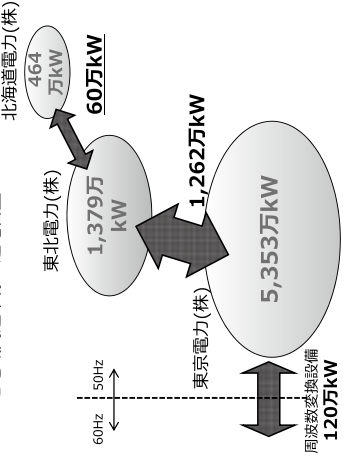
13

II. 新エネルギー導入拡大にあたっての課題

<新エネルギー導入拡大の制約>

- 新エネルギーは、稼働率の低さや出力の不安定さといった面で課題あり
- 本道は電力系統の規模が小さく、出力変動に対する調整能力や送電設備の容量が不足
- 北本連系等の送電インフラの容量が小さく、本道のポテンシャルを全国規模で活かす基盤が未整備
- 新エネルギーは他のエネルギー源に比べコストが高く、技術開発等によるコスト低下が必要

- ◆ 最大需要電力（平成24年度8月実績）と地域間連系線の送電容量
- ◆ 平成26年10月の回答保留を受け算定された北海道電力の接続可能性



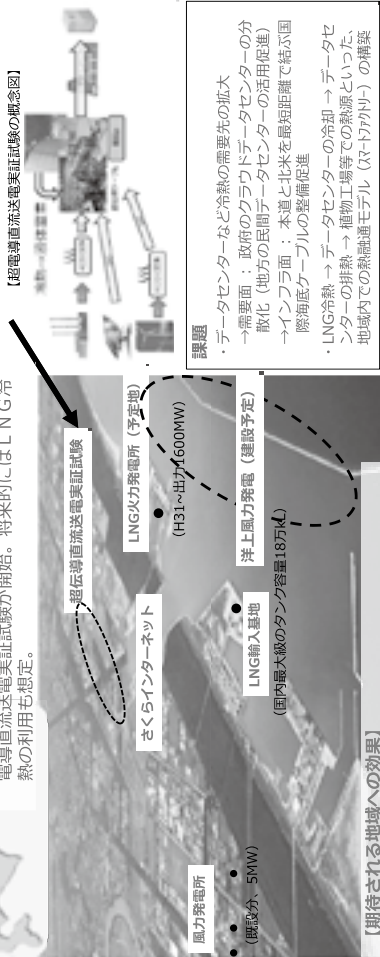
15

石狩湾新港地域 ～ LNG冷熱を核とした新たな展開

分散型エネルギーインフラプロジェクト (総務省)

- 風力発電所のほか、H24年12月にはLNG輸入基地が設置され、H31年度からはLNG火力発電所が順次稼働する予定。
- H26年度からは、データセンターを送電先とした超電導直流送電実証試験が開始。将来的にはLNG冷熱の利用も想定。

石狩
●札幌



【期待される地域への効果】

- ・ 直流電流を供給可能とする新たな電力インフラの誕生
- ・ データセンターなど電力多消費型施設の誘致
- ・ 冷熱の利活用先として既存の冷蔵倉庫群への供給
- ・ 超電導技術を活用する次世代型量子線治療施設の誘致

12

課題

- ・ データセンターなど冷熱の需要先の拡大
→ 需要面：政府のクラウドデータセンターの分散化（地方の民間データセンターの活用促進）
→ インフラ面：本道と北米を最短距離で結ぶ国際海底ケーブルの整備促進
- ・ LNG冷熱 → データセンターの冷却 → データセンターの排熱 → 植物工場等での熱源といった、地域内での熱融通モデル（スマートファクトリー）の構築

【石狩市スマートエネルギーポータル構想】策定へ
(総務省)「分散型エネルギーインフラプロジェクト」マスタートラック実証事業」を活用

14

I. 北海道における新エネルギーのポテンシャルと導入状況

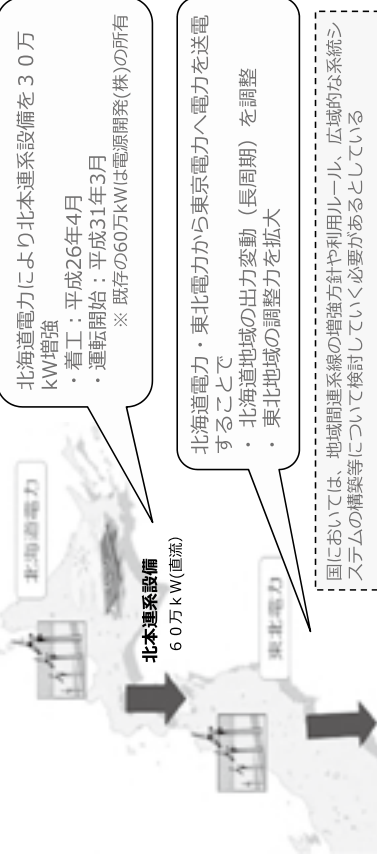
II. 新エネルギー導入拡大にあたっての課題

III. 道の取組、新エネルギーの導入目標

地域間連系インフラをはじめとする電力基盤の強化

- 出力が変動する太陽光・風力の電気を、各地域内の需給調整力を超えて受け入れるには、十分な調整電源を持つ他のエリアとの広域連系の実現が、解決策の一つとして考えられる。
- 北海道・東北エリアについては、北本連系線の追加増強を始めとした送電インフラ投資が実現すれば、風力発電の立地環境の改善に資する（風力を中心とした590万kW（※）の導入拡大を行うという場合には、地域間連系線増強のため、9,000億円程度の投資が必要との試算あり）。
※590万kWは、北海道・東北における受付応募量・連系検討申込み量に相当（平成23年度）

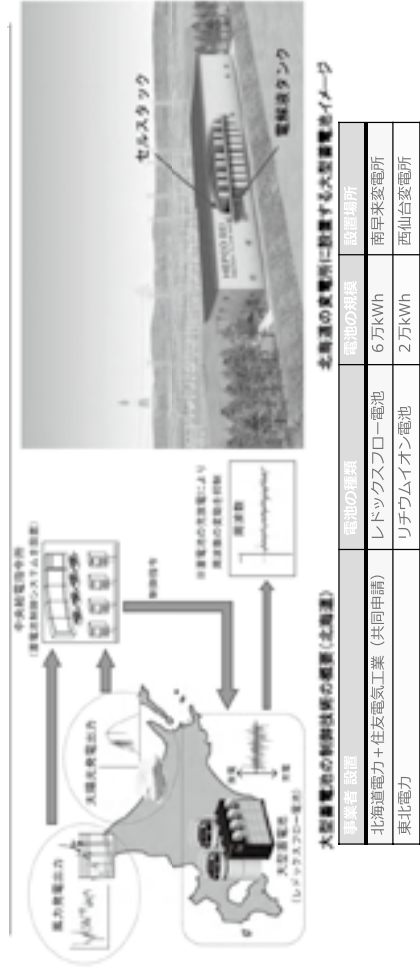
【北海道電力・東北電力からの送電イメージ】



16

大型蓄電池を活用した再生可能エネルギー接続量拡大

- 電力会社の基幹系統の変電所に、世界最大級の大型蓄電池を設置・活用することで、どこまで再生可能エネルギーの導入可能性を拡大できるか徹底検証を行う。日本初の取組であり、系統における具体的な活用に向け、必要な技術・ノウハウの習得を目指す。
- 平成25年7月に補助事業者の採択を行い、以下2事業を実施。本実証事業の成果を踏まえ、2～3年後には大型蓄電池を系統運用の現場にいち早く実践投入し、再生可能エネルギーの導入拡大に向け最大限取り組み。



（出典：総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー小委員会 新エネルギー（第1回）資料）

18

風力発電のための送電網整備実証事業（H25～）

- 北海道地域における送電網整備事業の補助対象事業者として、商社や再生可能エネルギー発電事業者などが出資する特定目的会社を2社採択（平成25年10月）。詳細な開発可能性調査を開始している段階であり、ルート選定など具体的な内容は今後調整。
- 同地域の風力発電の導入ポテンシャルは、最大で200万kW程度と見積もられている。
- 平成26年9月、経済産業省の中間審査を経て、平成27年度以降も補助が継続されることが決定。

①北海道北部風力送電（株）

- (株)ユーラスエナジーホールディングス、北海道電力(株)、エコ・パワー(株)、稚内信金、北洋銀行、北海道銀行の出資による特定目的会社（SPC）
- 稚内・宗谷エリア、天塩エリア及び猿払・浜頓別エリアに至るルートを選定
- 同地域の風力発電の導入ポテンシャルは、最大で140万kW程度と見積もられている。

②日本送電（株）

- 三井物産(株)、丸紅(株)、S Bエナジー(株)、北海道電力(株)の出資による特定目的会社（SPC）
- 増毛町から天塩川以南に至る日本海側ルートを選定
- 同地域の風力発電の導入ポテンシャルは、第一段階として30～60万kW程度と見積もられている。



17

I．北海道における新エネルギーのポテンシャルと導入状況

II．新エネルギー導入拡大にあたっての課題

III．道の取組、新エネルギーの導入目標

19

Ⅲ. 道の取組、新エネルギーの導入目標

新エネルギー導入促進

- 北海道省エネルギー：新エネルギー促進条例（平成13年策定）
- 北海道省エネルギー：新エネルギー促進行動計画【第2期】（計画期間：平成23年度～32年度）
→ 中長期的に持続可能な省エネの実現と、新エネを主要なエネルギー源の一つとすることを目指す。
- 新エネルギー導入拡大に向けた基本方向（平成26年3月策定）
→ 北海道のポテンシャルを最大限に発揮した新エネルギーの導入拡大を図るため、必要な条件整備と導入目標などを示した道の取組の基本方向
- 道の優先導入
・ 太陽光 48施設 約650kW 平成25年度は、道立利尻高校に太陽光発電(10kW)を導入
- 情報提供
・ 道経済部環境・エネルギー部ホームページ
・ 中小水力発電導入の手引き
・ 新エネルギー等賦存量推計ソフト
- 主な支援施策

施策	内容
一村一エネ1事業	地域の特色を活かした省エネ・新エネの取組に対する支援
エネルギーの地産地消促進事業	固定価格買取制度を活用した新エネルギーの設備導入への支援（売電収入を地域振興等に活かすこと）が条件
地域新エネルギー導入加速化事業	地域で連携して行う広域的な計画の策定、導入計画の具体化に向けた事業可能性調査への支援
北海道産業振興条例に基づく支援（企業立地を促進するための助成）	
道の制度融資（企業立地交付、省エネ・新エネ設備導入）	

- 国の要望
→ 国に対し、北本連系線を含む送電網等の増強や、固定価格買取制度の効率的な運用、立地に関する規制・制度の改革などについて、働きかけを行っている。

新エネルギー導入拡大に向けた基本方向（H26.3策定）【概要②】

4 エネルギーの効率的利用

- ・ スマートコミュニティの構築を目指し、道内の美証事業や道内資源・技術の導入に向けた取組
・ 産業部門、家庭部門、業務部門、運輸部門ごとに省エネの取組を促進
【目標値】 H32までに低減していくエネルギー消費原単位の水準を部門別に設定

5 新エネルギーの導入目標の考え方と種別ごとの方向性

- ・ 以上に掲げた取組を通じ、本道の可能性を最大限に発揮するために必要な条件を整備することにより期待できる導入量を数値目標として設定
・ 新エネルギーによる電力については、本州地域への送電を通じ、道外で消費されるものも含めて、本道における発電分野に関する目標として設定
【条件整備】
① 地域におけるエネルギーの地産地消の取組拡大
② 固定価格買取制度を調整とした大型プロジェクトの実現
③ 大型蓄電池導入や調力施設等の美証事業の成果拡大
④ 地熱開発に関する地域の合意形成
⑤ インフラ整備と技術革新
- ・ ①から⑤までの条件整備をできるだけ早期に実現を図るとともに、このうち、H32までに、H24実績に①から③を加算した水準以上の達成を目指す
【導入目標】 平成24年度実績に対し、発電の設備容量は約3.5倍、電力量は約2.4倍、熱利用の熱量は約1.7倍に拡大

区分	H24実績				条件整備による増加量				目標
	①地産地消	②道外	③美証事業	④地熱開発	⑤7万戸整備	⑥地熱開発	⑦合計	H32	
発電	設備容量 (万kW)	149	24.6	84.4	24	15	231	528	282
	電力量 (百万kWh)	5,866	503	1,266	480	1,051	4,923	14,089	8,115
熱利用	熱量 (T)	12,257	1,653	6,223	480	-	20,613	20,133	-

6 連携・推進体制

- ・ 北海道省エネ・新エネ推進会議において情報交換や意見交換を行い、施策の立案や見直しに反映
・ 地域の地域省エネ・新エネ導入推進会議、庁内の省エネ・新エネ施策推進会議の活用

新エネルギー導入拡大に向けた基本方向（H26.3策定）【概要①】

1 趣旨

- ・ 北海道の可能性を最大限に発揮した新エネルギーの導入を加速し、道内の地域と経済の活性化を図るとともに、我が国のエネルギー拠点を、中長期的なエネルギーの多様化などに貢献
- ・ 道の取組の基本方向を明示し、省エネ新エネ促進行動計画の取組を加速

2 北海道のポテンシャルと課題

- 豊富な新エネルギー資源
・ 多様なエネルギー源が豊富に賦存
・ FITを契機に数多くの構想が提起
- 美証・開発の適地
・ 道内では、先端技術開発の様々な取組が活動
・ 美証・開発コ・ワールドの中心地となる可能性あり
- 新エネルギー導入拡大の制約
・ 新エネルギーの出力変動に対する調整能力が不足
・ 北本連系の容量が小さい
・ 他のエネルギー対比コスト高

3 本道の可能性を最大限発揮していくための今後の取組の基本方向

- (1) エネルギーの地産地消
・ 取組の段階に応じた支援の充実
・ 支援体制の整備・強化
・ 技術開発の動向を踏まえた、寒冷地への導入等の促進
・ 必要に応じて研究開発の促進
・ FITや「クレジット」制度などの効果的な活用を促進
- (2) エネルギー関連の実証・開発プロジェクトと生産開発拠点の集積
・ 関連企業や実証研究プロジェクトの積極的な誘致・集積
・ 大型プロジェクトの実現に向けた情報提供や調整等
・ 道内企業の環境・エネルギー分野への参入促進、生産研究開発拠点の立地・集積
- (3) 新エネルギーの可能性を最大限に発揮するための基礎整備
・ 送電インフラ整備に向けて、国をあげて取り組み新たな整備手法の早期確立の働きかけ
・ 送電容量拡大や蓄電技術の実証事業の着実な実施促進
・ 立地調整等の円滑化や需給調整技術の開発実証等の促進
・ ロシア極東地域との関係強化

条件整備による新エネルギー導入の想定 ①

① 地域におけるエネルギーの地産地消の取組拡大

- ▶ 取組の段階（熱度）に応じたための細かい支援の実施などにより、地域の構想の具体化を促進
・ 住宅や事業所、小規模な発電事業での太陽光発電
・ 未利用流水・落差での小水力発電
・ 温泉地域での小規模地熱発電・熱利用
・ ヒートポンプによる温度差熱利用
- ▶ 多種多様なバイオマス発電・熱利用
・ 産業施設での雪氷冷熱利用
・ ごみ処理施設での廃棄物発電・熱利用

② 固定価格買取制度を調整とした大型プロジェクトの実現

- ▶ 関係者の連携を図りながら課題解決に向けた情報提供や調整などに取り組み、大型プロジェクトの早期実現を促進
・ 固定価格買取制度の設備認定を受け、系統接続が可能なメガソーラー計画など
（参考）：500kW以上の接続申込：約193万kW（H25/9）、うち需給調整面から上限：70万kW
・ 系統接続が可能な風力発電（実証試験による追加導入分を除く）
（参考）：道内の系統規模を前提とした場合の今後の接続可能量：7.2万kW
・ 大規模な木質バイオマス発電・熱利用
（参考）：道内で後述されている木質（1万kW以上）の構想：5.7万kW（H25/9）調査済

③ 大型蓄電池導入や調力発電等の美証事業の成果拡大

- ▶ 関係者の連携を図りながら、現在進められている美証事業の着実な実施を促進
・ 「再生可能エネルギー」発電支援のための大型蓄電池システム緊急実証事業（H25～）において、蓄電池の能力を全て太陽光発電に活用した場合の導入量
（参考）：実証事業を通じて設備する大型蓄電池（1.5万kW）による短期間変動面での接続限界（40万kW）の増加（想定）：1割程度（4万kW）
・ 「風力発電の導入拡大に向けた実証試験」（H28～）で追加導入される風力発電
（参考）：H28からスタートする北電による実証試験で導入される風力発電：20万kW

条件整備による新エネルギー導入の想定 ②

④ 地熱開発に関する地域の合意形成

▶ 各種の情報提供や調整により地域の理解促進を図り、地熱資源の開発を促進

- ・大規模な地熱発電と近隣地域における熱利用

(参考) ・道内のポテンシャル：77～493万kW (H24環境省)
 ・上記に事業化成功率7% (コスト検証委) を勘案：5.4～34.5万kW

⑤ インフラ整備と技術革新

▶ 北本連系のさらなる拡大をはじめとした送電インフラの整備の実現による本道の可能性の発揮

- ・全国大での需給調整機能や北本連系設備等の送電インフラの整備、「風力発電のための送電 網整備実証事業」(H25～) の実現で導入される風力発電

(参考) ・IRR換算8%を想定した導入可能量：275万kW (H22経産省委託調査)
 ・上記のうち、既導入及び案件①～③で考慮分：56万kW

- ・スマートコミュニティが実現する中で、公共施設、商業施設、オフィスビル、工場、マンション、住宅などに導入される太陽光発電

(参考) ・全国のスマートコミュニティ実証事業における太陽光発電の導入目標：横浜・住宅約1.3万kW・非住宅約1.4万kW、北九州・住宅約1.5万kW

新エネルギーの導入目標 ②

【熱利用分野】 熱量 (TJ)

区分	H24実績	条件整備による増加量					目標
		①地産地消	②アバウチ	③実証事業	④大型地熱	⑤インフラ	
ハイオマス	2,853	1,474	6,223	-	-	10,550	10,550
地熱	2,068	99	-	480	-	2,647	2,167
雪氷冷熱	39	8	-	-	-	47	47
温度差熱	1,974	43	-	-	-	2,017	2,017
太陽熱	33	-24	-	-	-	9	9
廃棄物	5,290	53	-	-	-	5,343	5,343
合計	12,257	1,653	6,223	480	-	20,613	20,133

【発電・熱利用分野合計】 熱量 (TJ)

区分	H24実績	条件整備による増加量					目標
		①地産地消	②アバウチ	③実証事業	④大型地熱	⑤インフラ	
発電分野	51,679	4,431	11,153	4,229	9,259	43,372	124,124
熱利用分野	12,257	1,653	6,223	-	480	20,613	20,133
合計	63,936	6,084	17,376	4,229	9,739	43,372	144,737
							91,626

H24年度実績の約2.3倍に拡大 (H32年度までに約1.4倍以上)

新エネルギーの導入目標 ①

①から⑤までの条件整備について、できるだけ早期に実現を図るとともに、このうち、省エネ新エネルギー促進行動計画(第1期)の終期・平成32年度までに、平成24年度実績に①から③を加算した水準以上の達成を目指す

【発電分野】 設備容量 (万kW)

区分	H24実績	条件整備による増加量					目標
		①地産地消	②アバウチ	③実証事業	④大型地熱	⑤インフラ	
太陽光(非住宅)	2.4	6.1	71.5	4	-	6	90.0
太陽光(住宅)	8.0	13.5	-	-	-	6	27.5
風力	28.8	-	7.2	20	-	219	275.0
中小水力	81.1	2.7	-	-	-	-	83.8
ハイオマス	2.4	1.9	5.7	-	-	-	10.0
地熱	2.5	0.1	-	-	15	-	17.6
廃棄物	23.8	0.3	-	-	-	-	24.1
合計	149.0	24.6	84.4	24	15	231	528.0

H24年度実績の約2.4倍に拡大 (H32年度までに約1.4倍以上)

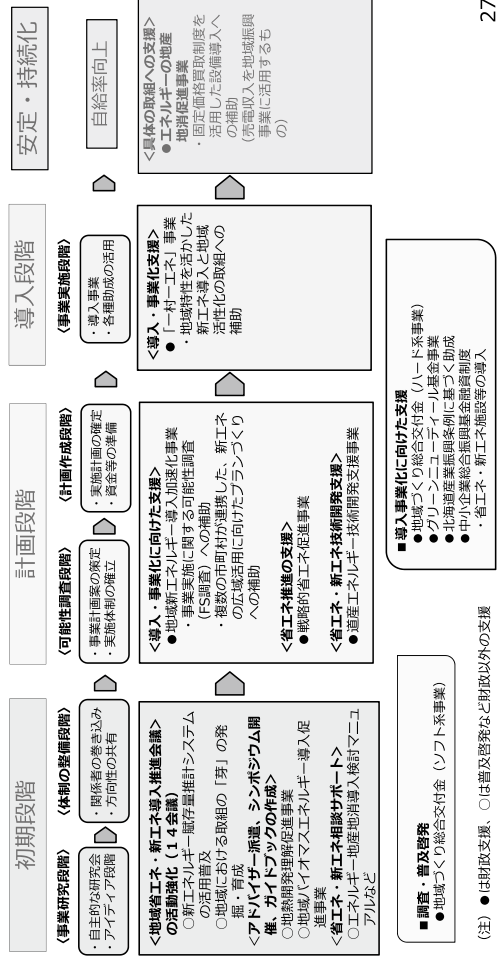
【発電能力】 (百万kW)

区分	H24実績	条件整備による増加量					目標
		①地産地消	②アバウチ	③実証事業	④大型地熱	⑤インフラ	
太陽光(非住宅)	26	63	752	42	-	63	946
太陽光(住宅)	84	142	-	-	-	63	289
風力	624	-	164	438	-	4,797	6,023
中小水力	3,608	136	-	-	-	-	3,744
ハイオマス	135	118	350	-	-	-	603
地熱	129	16	-	-	1,051	-	1,196
廃棄物	1,260	28	-	-	-	-	1,288
合計	5,866	503	1,266	480	1,051	4,923	14,089

エネルギーの地産地消の推進に向けた北海道の支援制度 ①

基本方向

- 道内179市町村全てにおいて地域特性を活かしたエネルギー-地産地消の取組が進められるよう支援
- 市町村の取組の熱度(段階)に応じたきめ細かい支援体制の構築



エネルギーの地産地消の推進に向けた北海道の支援制度 ②-1

初期・計画段階への支援

● 地域新エネルギー導入加速化事業

地域が連携して行う広域的な計画策定事業や、市町村が策定している新エネルギー導入のための計画等の具体化に向けた可能性調査事業を支援

- ▶ 対象：市町村その他
- ▶ 補助額：1/2以内（内容によって150万円または400万円が上限）

<活用事例 (H26)>

- ・ 牧場を中心とする畜本系バイオマス発電設備導入の検討委員会を設置と可能性調査等（音威子府町）
- ・ 町内4河川におけるボテンスシャルの分析およびマイクロ水力発電の実証実験（音更町）
- ・ バイオマス資源の多段階利用による地域熱供給システム構築の可能性調査（津別町）
- ・ 木質バイオマス発電所から排出される温排水のハウスでの活用可能性調査（般別町）
- ・ 温泉施設からの排水を熱源とするアスハラガスの生産実証実験（登別市）

● 地域バイオマスエネルギー導入促進事業

● 地熱開発理解促進事業

地域におけるバイオマスや地熱・温泉熱エネルギーの導入に向け、課題解決のための①アドバイザーの派遣、②シンポジウム・セミナーの開催、③ガイドブックの作成を行う。

作成したガイドブックについては、環境・エネルギー室HPで公開予定。

28

エネルギーの地産地消の推進に向けた北海道の支援制度 ②-3

導入段階への支援

● 「一村一エネルギー」事業

市町村と企業、団体、NPO等の地域の多様な主体が連携して行う、地域の特色を生かした省エネ・新エネルギー事業を通じて地域活性化を図る取組を支援

- ▶ 対象：市町村と法人等で構成された共同体
- ▶ 補助額：エネルギー削減量に交付単価を乗じた額（上限1,000万円または2,000万円）

<活用事例 (H26)>

- ・ 新製造機器等の整備や、ガストハウス等への薪ストーブを導入による林地残材の有効活用と化石燃料の削減（石狩市ほか）
- ・ 生涯学習センターへのRDFボイラーの導入と、農業ハウスへの熱供給（富良野市ほか）
- ・ BDF給油システム等の導入による利用しやすい環境の整備（更別村ほか）

他2件に補助

● エネルギーの地産地消促進事業

固定価格買取制度による売電収入を地域振興に活用する事業を支援

- ▶ 対象：市町村と法人等で構成された共同体
- ▶ 補助額：1/2（上限1,500万円）

<活用事例 (H26)>

- ・ 太陽光発電設備導入による発電事業の買電収入をもち、地域交通弱者等を対象とした生活利便性向上のため、実施しているコミュニティバスを運行（当別町ほか）

30

エネルギーの地産地消の推進に向けた北海道の支援制度 ②-2

研究開発・製品開発等への支援

● 道産エネルギー技術開発支援事業

道内の大学や公設試等と共同で行うエネルギー関連技術の研究開発を支援

- ▶ 対象：企業または共同体
- ▶ 補助額：2/3以内（上限1,000万円）

<活用事例 (H26)>

- ・ 魚油を原料とした高温蒸留装置によるBDF脱油の開発
- ・ バイオマス小型ベレトバーナーを利用したユニット型熱供給システムの開発
- ・ 太陽光発電による低コストで高効率な電力供給システムの開発

● 道産エネルギー製品開発支援事業

道内の技術シーズを生かした低炭素社会の実現に資する製品開発を支援

- ▶ 対象：企業または共同体
- ▶ 補助額：2/3以内（上限300万円）

<活用事例 (H26)>

- ・ 木質バイオマス燃料の製品開発
- ・ 積雪寒冷地対応型太陽熱温水給湯システムの開発
- ・ 食品加工工場からの廃熱回収システムの開発
- ・ 積雪寒冷地用水平採熱式中熱ヒートポンプ冷暖房システムの開発

● 環境・エネルギープロジェクト形成促進事業

複数の事業者がそれぞれの製品・技術を組み合わせる新しい製品・システム開発を支援

- ▶ 対象：企業または共同体
- ▶ 補助額：1/2以内（上限1,500万円）

<活用事例 (H26)>

- ・ 両面発電太陽電池を活用したコスト回収型蓄電システム開発
- ・ 既存住宅のスマート化によるスマートシティ推進事業

29

「北海道省エネルギー・新エネルギー促進大賞」の表彰実績

北海道省エネルギー・新エネルギー促進条例に基づき、省エネルギーの促進や新エネルギーの開発・導入の促進に関し、顕著な功績のある個人及び団体等を表彰（H14～）

省エネ	産業・運輸分野大賞	興和工業(株)	省エネ診断から始まった全員参加の省エネ活動の推進	登別市
H25	業務分野大賞	(株)フエスタン	積丹ハイキングレストランにおける電力運用改善	帯広市
	奨励賞	(株)アール・アンド・イー	環境負荷低減型融雪システム	登別市
	大賞	恵庭市	発着下水処理場におけるバイオマス利活用(臭気等)の取り組み	恵庭市
	奨励賞	とかちベレト協同組合	木質ペレットの普及啓発及び安定供給	足寄町
省エネ	大賞	株式会社土屋ホーム	北海道のスマートシティを実現する「積雪寒冷地型ネットゼロエネルギーハウス」の開発と普及	札幌市
	奨励賞	北海道計器工業株式会社	大崎町駅電車を走る街路灯用の電子式自動点滅器の開発	札幌市
新エネ	大賞	株式会社Mr.ルーフマン	無雪雪屋限に太陽光発電パネルを設置する取付工法並びに壁掛式の手法開発、販売、普及促進	札幌市
	奨励賞	有限会社セム	勾配屋根の本離熱・電熱ハイブリッド無雪雪融雪装置	恵庭市

企業表彰特賞「プレミアム・パッケージ」支援事業

平成26年度より、道が表彰・認定した商品を開発等した企業の更なるステップアップを図るため、企業の販路開拓に向けた取組をサポートする「表彰企業等プレミアム・パッケージ事業」を実施しています。

- ▶ 支援例
- ①認定企業と道や企業の関係者等とのマッチング、②テレビ番組等メディアへの橋渡し、③赤れんが庁舎前での商品実証実験、④道庁本庁舎での商品展示会等

31

一般講演

高品質コアボーリングについて	21
----------------------	----

北海道地質調査業協会

広報委員長 鈴木 孝雄

井戸洗浄革命 アースエアージェット工法の開発と実績事例	29
-----------------------------------	----

アーストラストエンジニアリング (株)

福井 亮・出口 千裕

先進国の事例と洞爺湖町における地熱開発の取り組みについて	39
------------------------------------	----

洞爺湖温泉利用協同組合

専務理事 四宮 博

高品質コアポーリングについて

北海道地質調査業協会 広報委員長

鈴木 孝雄

1. 「高品質コアポーリング」とは？
2. 技術開発の背景と経緯
3. 「高品質コア」の実例
4. 現状における課題
5. 課題に対する取り組み

「高品質コアポーリング」とは？

- 明確な定義はないと思われる。
- ここでは、従来の送水ポーリングでは地山内における状態を保持したまま採取することが困難であった地質を対象に開発された新たなポーリング技術の総称とする。
(ex. 崖錐, 破碎帯, 変質帯, すべり面など)
- ただし、従来法でも慎重に採取すれば「高品質コア」が得られる場合や、新技術を用いても「高品質コア」にならない場合もあり、結果的に得られたコアの状態により「高品質コアポーリング」と呼べるか否かが決まるといふ側面もある。

技術開発の背景と経緯

- 「高品質コアポーリング」が多用されるダム事業においては、30年ほど前から施工・管理コストが安いファイルダムが増えてきている。
- そこで、CL級やD級など等級の低い(掘進しにくい)岩盤を適切に評価するというニーズが生じ、「高品質コアポーリング」が多用されるようになった。
- さらに、新たに開発された技術は、必然的に湛水池周辺の地すべり調査や、堤体の健全度調査などにも活用されるようになり、現在に至っている。

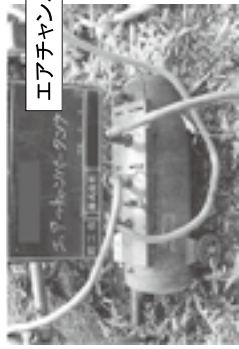
技術開発の背景と経緯

- 口径はφ86mm, 循環流体を低圧・小流量で循環させ、ビット圧もほとんど加えずにゆっくり掘進する。
- 使用する循環流体により、大きく3つの工法に分類される。
 - ① 気泡(ミス): 界面活性剤を用いて気泡を発生させ循環させる。
 - ② ポリマー系: 増粘剤(多種存在)を加えた泥水を循環させる。現在の主流か？
 - ③ 清水系: 清水に微細な気泡を混入させた気泡水を循環させる工法など。

「高品質コアボーリング」の実例



現場全景



エアチャンバ



コンプレッサ



気泡発生装置

「高品質コアボーリング」の実例



ビット各種



スピンドル下

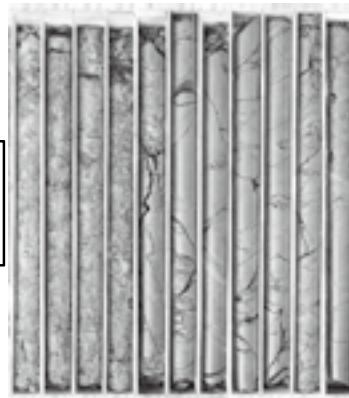


孔口の様子

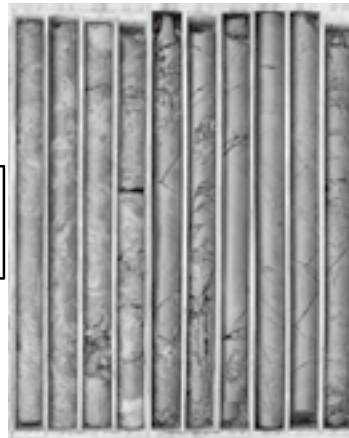
ビットの形状・構造も工夫されている

「高品質コアボーリング」の実例

従来法



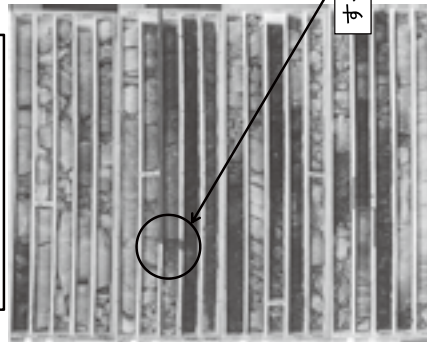
気泡



- 崖 錐：マトリクスサポートのようすが明瞭
- 岩 盤：割れ目の密着度、細片化部のようすが明瞭

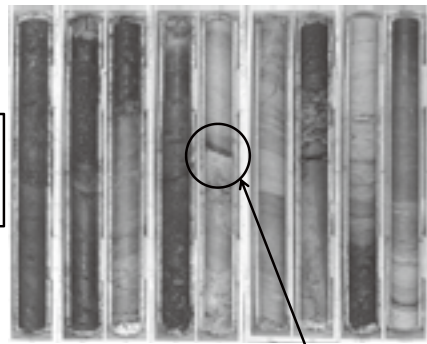
「高品質コアボーリング」の実例

従来法(φ66mm)

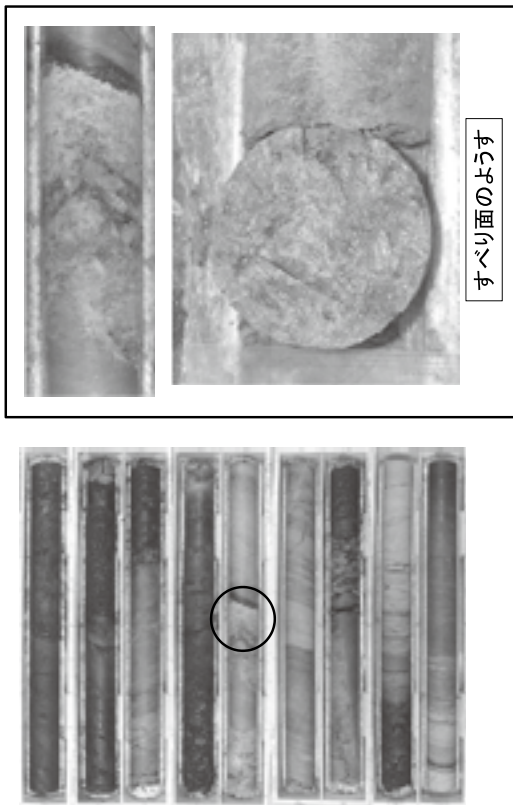


すべり面

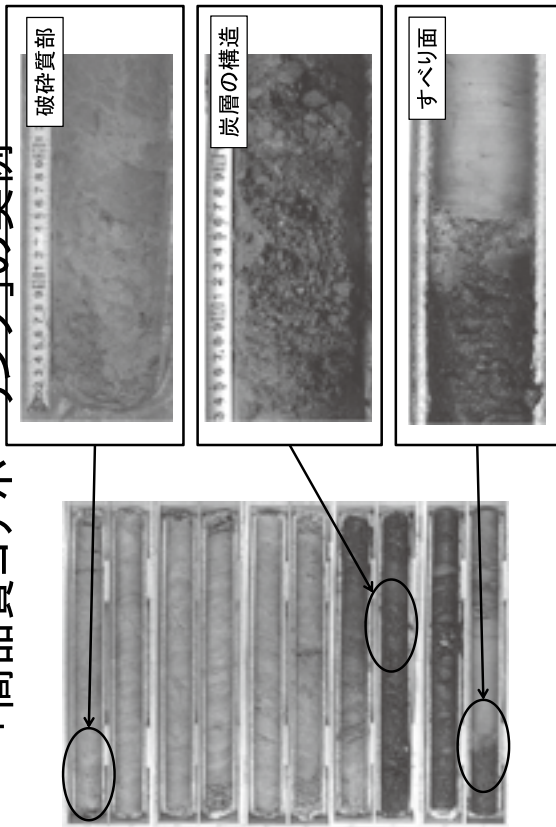
気泡



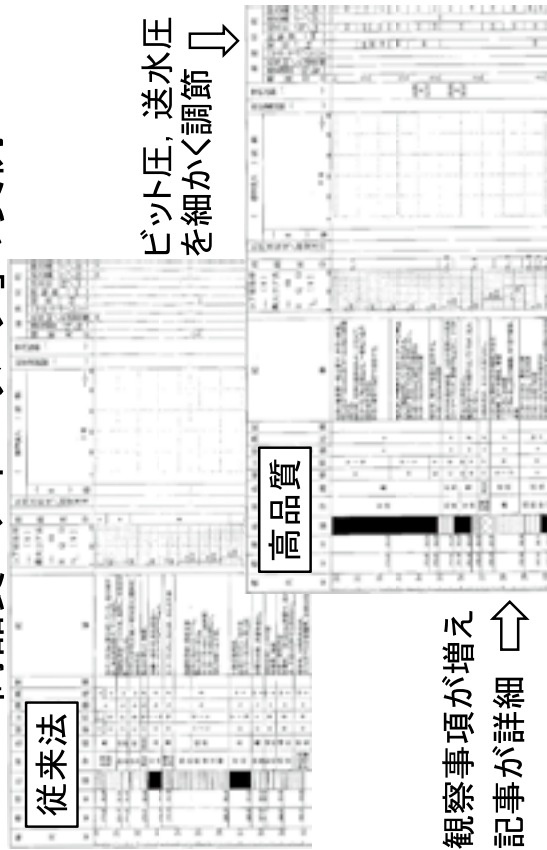
「高品質コアボーリング」の実例



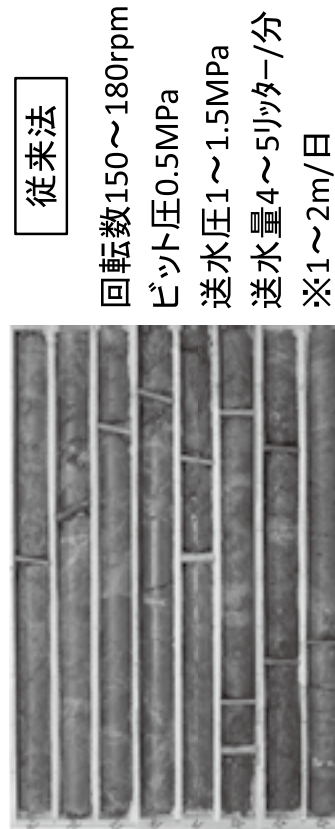
「高品質コアボーリング」の実例



「高品質コアボーリング」の実例



「高品質コアボーリング」の実例



「高品質コアボーリング」の実例

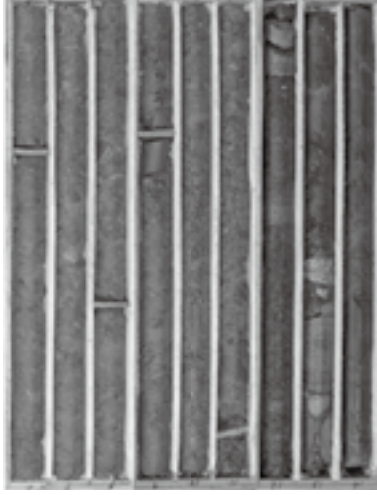


従来法

回転数55～130rpm
ビット圧12MPa
送水圧3MPa
送水量15リッター/分
※3～5m/日

地すべり土塊～破碎質泥岩

「高品質コアボーリング」の実例

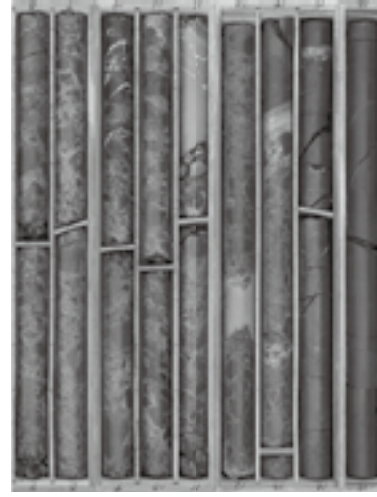


ポリマー系

回転数150～200rpm
ビット圧0.1MPa
送水圧0.1～0.2MPa
送水量3～10リッター/分
※5～8m/日

河床砂礫～破碎質泥岩

「高品質コアボーリング」の実例



ポリマー系

回転数100～120rpm
ビット圧0.6～1.2MPa
送水圧0.1～0.2MPa
送水量5～8リッター/分
※2～3m/日

地すべり土塊～泥岩

「高品質コアボーリング」の実例



ポリマー系

回転数180rpm
ビット圧1～1.5MPa
送水圧0.1MPa
送水量5～10リッター/分
※8m/日前後
(φ66mm)

堤体コンクリート～細粒砂岩

「高品質コアボーリング」の実例

ポリマー系

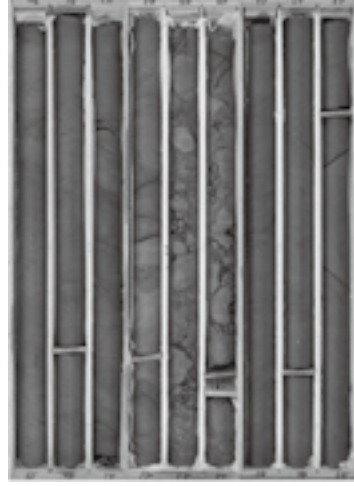


回転数80～130rpm
ビット圧4～8MPa
送水圧0.2MPa
送水量15リッター/分
※2～6m/日

すべりゾーン?～細粒砂岩

「高品質コアボーリング」の実例

ポリマー系

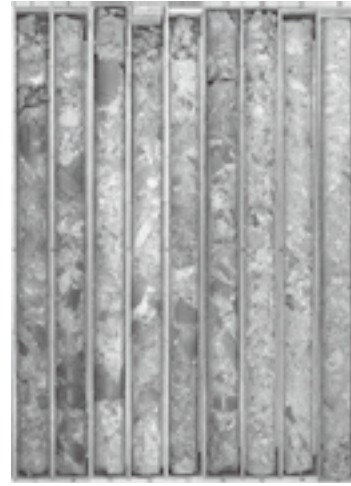


回転数200rpm
ビット圧0.5～1MPa
送水圧0.1MPa
送水量3～15リッター/分
※10m/日以上

細粒砂岩(破砕部挟む)

「高品質コアボーリング」の実例

気泡

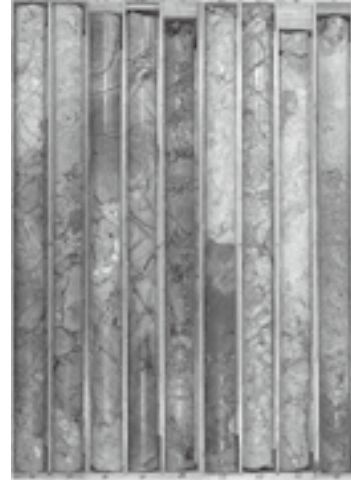


回転数200rpm
ビット圧4MPa
送水圧0.1～0.3MPa
送水量3～15リッター/分
※2～3m/日

崖 錐(シルト混じり礫)
※強い指圧で分解

「高品質コアボーリング」の実例

気泡



回転数200rpm
ビット圧4MPa
送水圧0.1～0.3MPa
送水量3～15リッター/分
※2～3m/日

崖 錐中のデイスайトブロック

現状における課題

[技術的課題]

- いまだオペレータの技量への依存度が高く、合格点のコアの中でも人為的な品質差が避けられない。
- 気泡は、コンプレッサ、エアチャンバ、気泡発生器などの大がかりな専用装備が必要。
- ポリマー系も、テーパーロッド、小型ポンプ、小容量ゲージなどの専用装備が必要。
- 劣化岩盤などを対象とすることが多いため、保孔(ケーシング、セメンテーション)も含めると、非常に時間がかかる。

現状における課題

[コスト的課題]

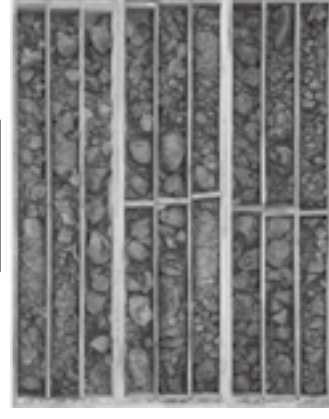
- 従来法に比べ大幅に時間がかかる(日進3~5m)ため、高コストである。
- NETIS登録の工法(定方位)の事例では7万(軟岩)から13万(破砕帯)であり、従来法(市場単価)の3万(軟岩)から4万(中硬岩)の約3倍。

現状における課題

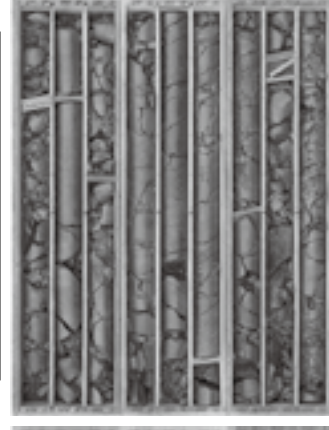
[道内事例として・・・]

- ダム湛水池周辺の地すべり調査において「高品質コア」が求められ、積算基準がないため参考見積りをとっている。
- しかし、発注者と施工者の間で要求水準に対する認識が必ずしも一致しておらず、従来法と大差ないボーリング単価を提示する施工者がいることから、業務ごとに単価が大きくばらついている。
- 当然、手間暇に見合わない場合があるほか、コアの品質が仕様書を満たしておらず、掘り直しを指示される場合がある。

掘直し前



掘直した後(ポリマー系)



- コアの品質が仕様書(「地層の原型を損じない品質が高いコアを100%採取)を満たしていない?

課題に対する取り組み

- 北海道地質調査業協会では、開発局との意見交換会の場で前述の課題を取上げ、改善を要望した。
- その結果、開発局では、発注者と施工者の認識の違いを埋めるための仕様書の試案を作成（表現を具体化するとともに参考コア写真を添付）。
- 一方、全地連では将来的な積算基準の作成をめざし、バックデータとなる事例を収集、整理中である。
- こちらは、従来法によるコアと「高品質コア」を、掘削の難易度に応じて細かく例示している。

課題に対する取り組み

- しかし、開発局仕様書案、全地連案のいずれについても非常に高品質の事例であり、これを示すことによりハードルを上げすぎてしまう恐れがある。
- よって、今後、さらに多くの事例を収集、例示する必要がある。
- さらに、細かい積算基準を作成しても発注者に充分活用していただけるか、むしろ総合評価落札方式と見積りをとるのが現実的、といった意見もあり、解決までには、さらに検討が必要である。

以上

井戸洗浄革命

アースエアージェット工法の開発と実績事例
(回転式超高压エアージェティング洗浄)



アーストラストエンジニアリング株式会社
福井 亮・出口 千裕

本日の発表内容

1. 一般的な井戸の洗浄方法
2. アースエアージェット工法の開発
3. 施工事例および効果の比較
4. まとめ

1. 一般的な井戸の洗浄方法

薬品洗浄

【方法】

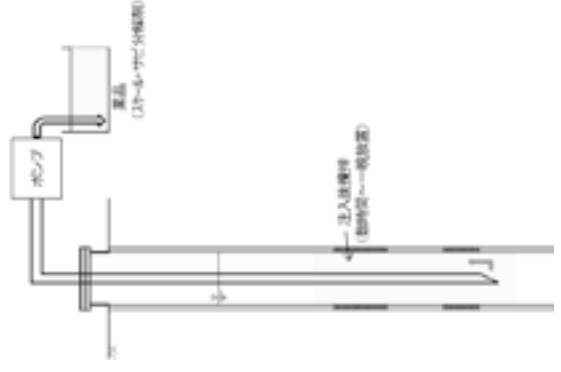
スクリーン部分の目詰まりを解消するため、坑内に薬品を放置し、スケールの溶解、金属酸化物の溶解、泥壁除去等を行う工法

【特徴】

ブラッシング・スワビング等のメカニカルな工法で除去出来難いストレーナー外部に固着したスケール除去に有効

【問題点】

- ・水質、スケールの種類、スクリーンの材質等をあらかじめ調べる必要
- ・薬液を井戸内に十分行き渡らせなくてはいけない
- ・井戸用途によっては薬液の使用が困難

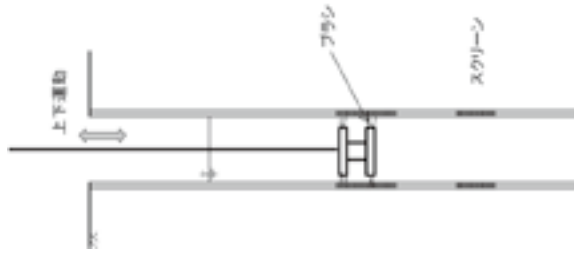
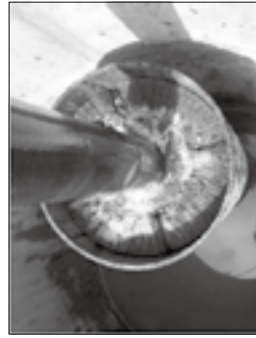


ブラッシング洗浄

【方法】
ケーシング内径よりやや大きいワイヤーブラシを上下動させ、スクリーンおよびケーシング内部の附着物を掻き落とし除去する工法

【特徴】
スクリーン表面の目詰まり解消およびケーシングパイプの清掃には有効(→サビ落としのイメージ)

【問題点】
・堅いスケール、充填砂利・地層の目詰まり解消は困難

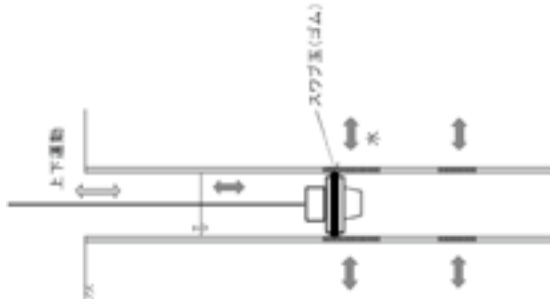
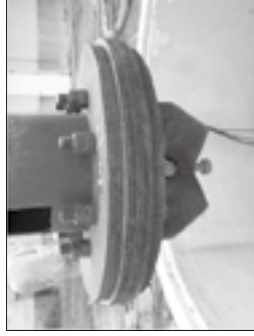


スワッピング洗浄

【方法】
ケーシング管内にピストンの役目をするスワブ玉(サージブランジャー)を挿入し、上下動によりピストン動作を与え、水の動きを大きくして、スクリーン周辺のスケールや砂粒を除去する工法

【特徴】
井戸内およびストレーナー周辺の充填砂利の閉塞除去に有効

【問題点】
・スクリーン等が腐食・劣化している場合、破壊の危険性有り
・古い井戸ほど抑留の可能性大
・無理な作業が出来ない→効率が弱い場合がある
・目詰まり解消部分または目詰まりが発生していない部分のみ水が流動する可能性が大きい

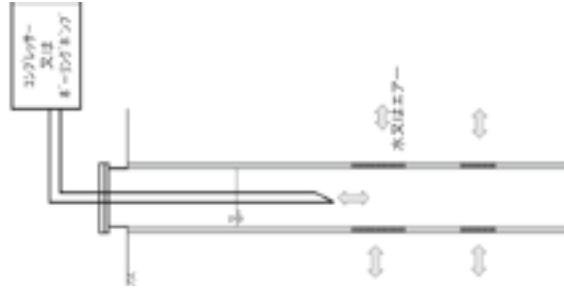


逆洗洗浄

【方法】
エアまたは、水を急激に井戸内に流入させて、逆洗する工法

【特徴】
井戸内の急激な水位(水圧)変動により、井戸周辺の充填砂利の閉塞物を揺動させ除去が行われる

【問題点】
・目詰まり解消部分または目詰まりが発生していない部分でのみエア(水)が流動する可能性が大きい
→部分的な目詰まり解消には有効

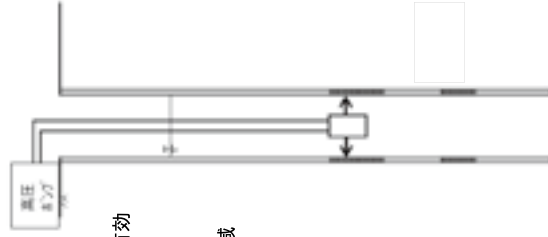
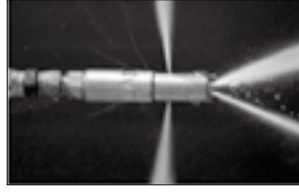


ジェットイング洗浄

【方法】
井戸内で高圧水を噴出させて、スクリーン部の内外に洗浄と衝撃を与えて目詰まりを除去する工法

【特徴】
・井戸内およびストレーナー周辺の充填砂利の閉塞除去に有効
・北海道内での実績はほとんど無し

【問題点】
・現場で相当量の清水が連続的に必要
・水中ではケーシング壁までの距離が大きくなると効果が半減
・埋没発生の可能性有



①ポンプ引き上げ	②薬品洗浄(状況次第)	③フラッシング	④スロウピング
⑤埋没除去(ある場合)	⑥逆流洗浄(状況次第)	⑦ポンプ挿入	⑧漏水試験

2.アースエアージェット工法の開発

アースエアージェット工法の開発経緯

従来の
井戸洗浄は

・どの工法も大幅な目詰まり解消・水量回復の期待効果は少ない(ある程度効果)
 ・他に根本的に効果が期待できる良い工法がない
 ・古い井戸ほど洗浄に伴う事故発生の危険性が大きく、無理出来ない

→
 という理由から、
 数十年にわたって同様の工法で洗浄が行われてきた

これまで井戸の
ジェットインジェクション洗浄は

・空気中では凄い威力を発揮する
 ・水中では噴射圧力が弱まり、効果は激減する

→
 という課題によりこれまで道内ではなかなか実用化されてこなかった。
 そこで我々は…

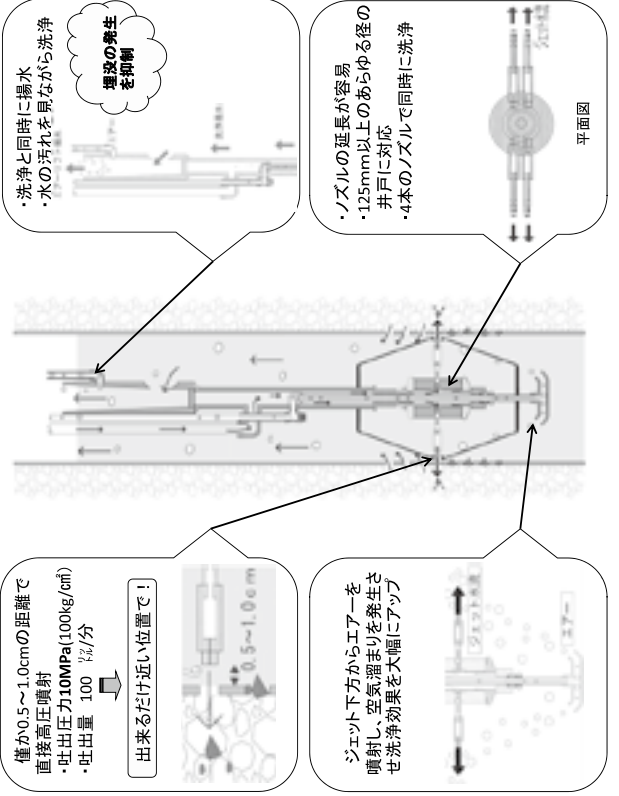
井戸の中で
ジェットインジェクション洗浄を行い
効果をあげるには

・噴射孔を出来るだけケーシングに近づけたい。
 ・噴射水を効率よくケーシングに伝達させたい。
 ・洗浄状況を確認したい。
 ・洗浄効果をより大きくするには？

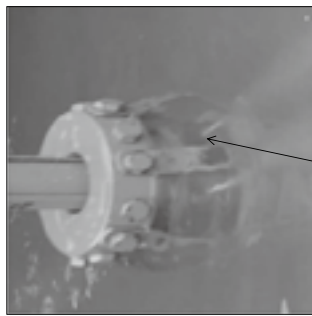
→
 を考え、北海道立工業試験場の協力も得て
 さらに、多くの実証試験を行った後

ケーシングおよびスクリーンを高圧ジェット噴流およびエアージェットにより効果的に洗浄する方法
 アースエアージェット工法を開発

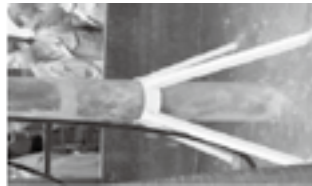
アースエアージェット工法の特徴



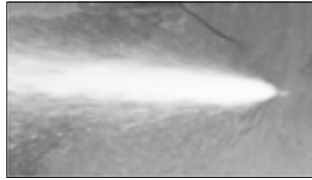
アースエアージェット工法の実証試験



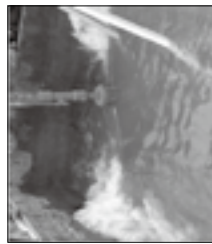
ジェット部分



エア-注入状況



水中(20cm) → 空中へ



水中でのジェット試験状況



高圧ポンプ 吐出量 100ℓ/分
吐出圧 30MPa(300kg/cm²)



アースエアージェット工法の実用状況



ジェットノズル(φ 400mm用)



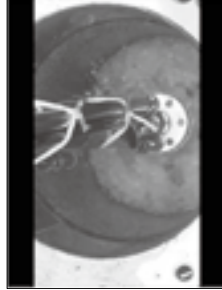
回転中(水中)



井戸内挿入



回転中(空中)

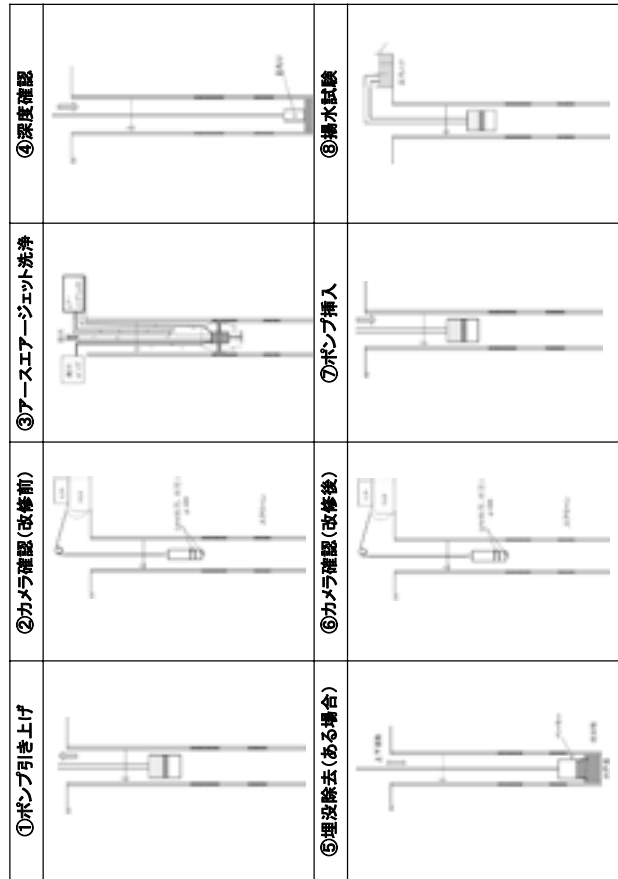


回転中(水中)



洗浄中

アースエアージェット洗浄作業の基本的な流れ



工業試験場による技術支援

工業試験場技術支援

成果事例集に掲載

H24.5

北海道立工業試験場
多田先生の技術協力によって、
アースエアージェット工法が完成しました。

試行錯誤の中、数多くの助言をいただき
1年がかりで完成することができました。



実証試験の状況を検証する
工業試験場技術者の方々

深井戸洗浄装置の開発
Development of Deep Well Cleaning System

- 目的と背景
深井戸の汚濁浄化とメンテナンスが困難な状況下で、汚濁浄化とメンテナンスが容易な深井戸洗浄装置の開発が求められていた。従来の深井戸洗浄装置は、高圧ポンプとジェットノズルを別々に設置する必要があり、作業が複雑かつ危険であった。本装置は、高圧ポンプとジェットノズルを一体化し、作業を簡便かつ安全にするため、開発された。
- 装置の構成
1. 高圧ポンプ
2. ジェットノズル



- 効果と意義
1. 作業の簡便化
2. 作業の安全化
3. 汚濁浄化の効率化
4. 作業時間の短縮

札幌市建設業成長分野
成果事業業に掲載

札幌市では建設業の支援を目的として、「建設業等成長分野進出支援事業」を実施しています。平成25年度は、7月1日から7月29日まで事業の募集を行い、市内の小建設業者から17件の申請があり、外部有識者等による審査委員会の審査を経て、6件の掲載事業が掲載されました。



A「事業活性化に関する事業」

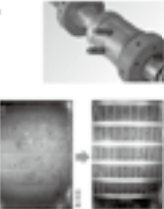
事業名: アースエアージェット工法事業

概要 既設井戸の洗浄業務において、井戸底の汚濁・水量増加を目的として洗浄能力の高さやコスト削減を可能とするアースエアージェット工法を開発し、其井メンテナンス業務の受注促進を図る。

アースエアージェット工法の開発

水井戸の洗浄を革新する

「アースエアージェット工法」の開発
水井戸の洗浄を革新する



「人」を重視した事業の紹介
A「事業活性化に関する事業」



特許の取得

平成23年7月
特許出願



平成25年5月
特許登録

- ・名称: エアージェットイング装置及び工法
- ・特許第5269959号

事例① 揚水井〈洗浄効果の状況〉

北海道H町 水道水源井戸

坑井名	1号井	2号井
井戸深度	10.1m	
井戸口径	400A	
スクリーン深度	4.9~9.9m	
スクリーン種類	巻線型スクリーン(リングベース)	

〈改修工事前〉



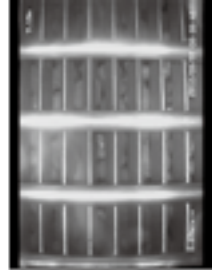
ほとんどの部分が目詰まり

〈従来工法〉
ブラッシング・スワビング後



- ・ある程度の洗浄は期待できる
- ・砂利部分の多くは目詰まり

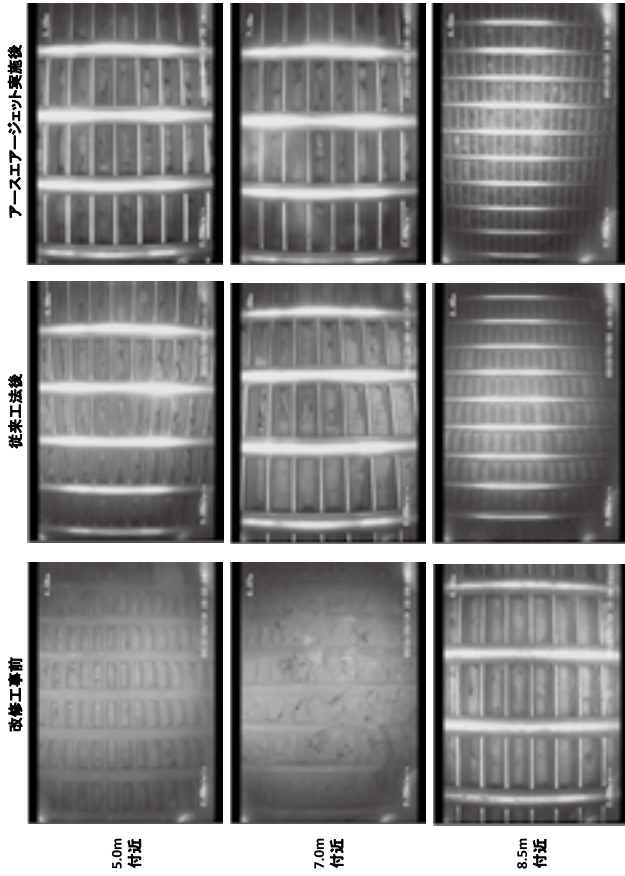
〈アースエアージェット工法〉
高圧洗浄後



- ・砂利がほとんど洗浄される！
- ・網割れとほぼ同様？

3. 施工事例および効果の比較

事例① 揚水井〈洗浄効果の比較〉

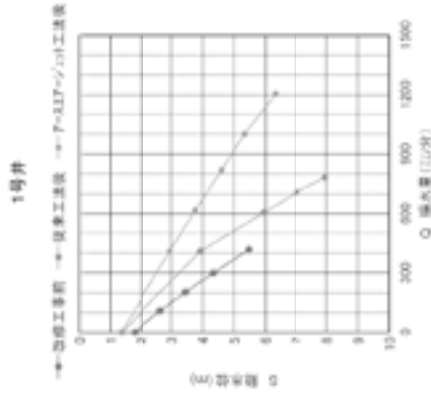


5.0m 付近

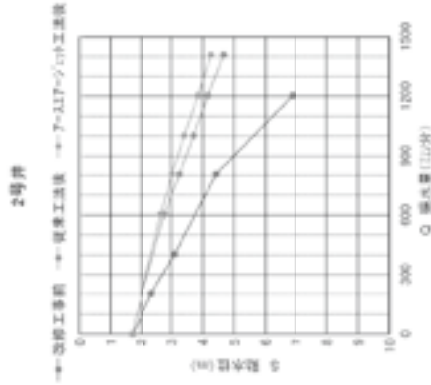
7.0m 付近

8.5m 付近

事例① 揚水井〈井戸能力の比較〉

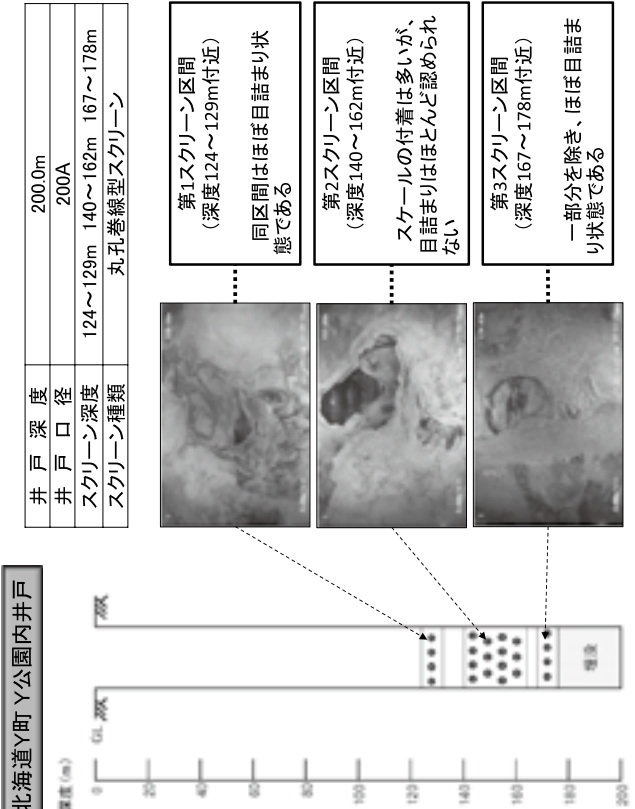


・従来工法で少量回復
・アースエアージェットで大幅に回復

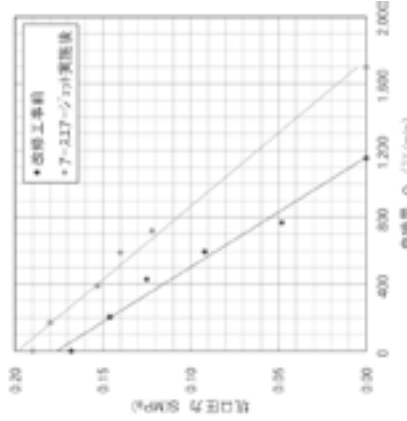


・従来工法でおおよそ回復
・アースエアージェットでさらに回復

事例② 自噴井〈改修工事前の井戸状況〉



事例② 自噴井〈洗浄効果および井戸能力の比較〉



掘削当初	最大自噴量	鉄分
改修工事前	1155ℓ/分	0.66mg/ℓ
アースエアージェット実施後	1700ℓ/分	0.21mg/ℓ

アースエアージェット工法で
深度124~129m付近を洗浄中、
自噴量が増大し、作業を中止

↓
その結果

自噴量 1155ℓ/分 → 1700ℓ/分 に増加
鉄分 0.74mg/ℓ → 0.21mg/ℓ に低下
(基準値 0.3mg/ℓ以下)

鉄分が水質基準値内となる

↓

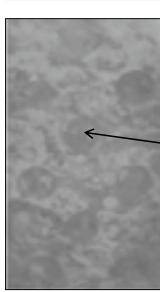
・これまで水が出ていなかった地層(→当初から目詰り)から地下水が湧出し、水質が改善
・水質の良好な地下水が浅層部に分布していることが判明

事例③ 還元井〈洗浄効果の状況〉

札幌市内地下街還元井

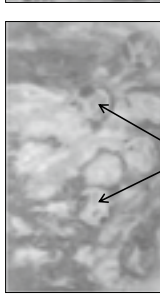
井戸深度	FL-22.6m (GL-35.0m)
井戸口径	500A
スクリーン深度	FL-6.6~22.6m
スクリーン種類	丸孔巻線型スクリーン

<改修工事前>



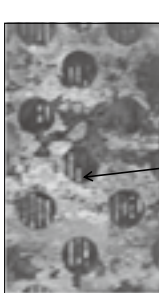
ほとんどの部分が目詰まり

<従来工法>
ブラッシング・スワビング後



一部分が剝離し目詰まり解消？
表面部分は比較的きれい！

<アースエアージェット工法>
高圧洗浄後

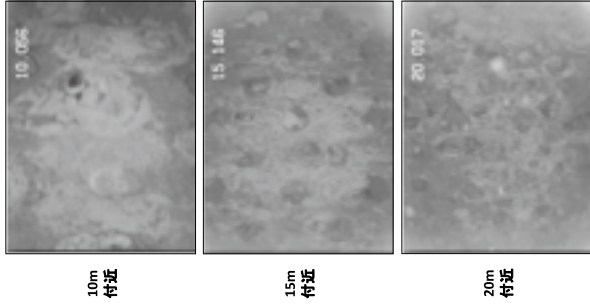


スクリーン部分が鮮明に！

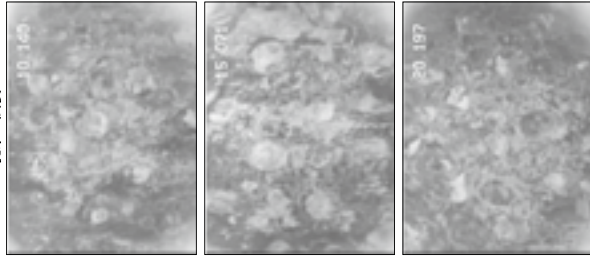
丸孔スクリーンの場合、ブラッシング・スワビングでスクリーンを洗浄することは困難

事例③ 還元井〈洗浄効果の比較〉

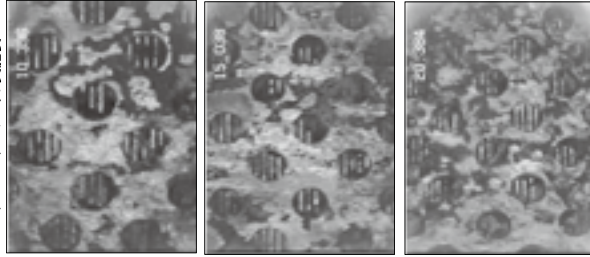
改修工事前



従来工法後

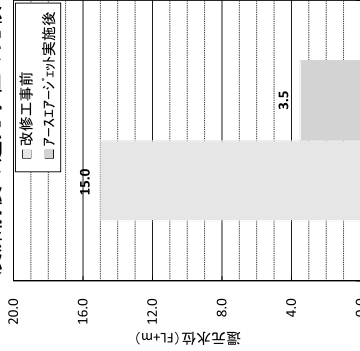


アースエアージェット実施後



事例③ 還元井〈還元能力の比較〉

浚渫前後の還元水位の比較



時間の経過と共に、能力低下(=水位上昇)し、従来は1年周期で井戸清掃(ブラッシング・スワビング)を実施

現在、4年以上経過

還元量: 1550%/分

	改修工事前	アースエアージェット実施後
還元量	1550%/分	1550%/分
坑口圧力	0.150MPa	0.035MPa
水位	FL+15.0m	FL+3.5m

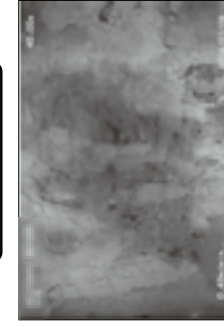
還元水位(還元圧) 1/4~1/5に低下
還元能力の向上

事例④ 還元井〈洗浄効果の状況〉

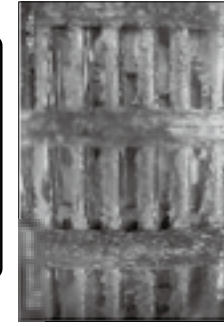
札幌市内K病院還元井

坑井名	K-2	K-3	K-4	K-5	Y-5
井戸深度	81.0m				
井戸口径	200A				
スクリーン深度	39.5m~45.0m、50.5m~67.0m				
スクリーン種類	巻線型スクリーン(リングベース)				

<改修工事前>



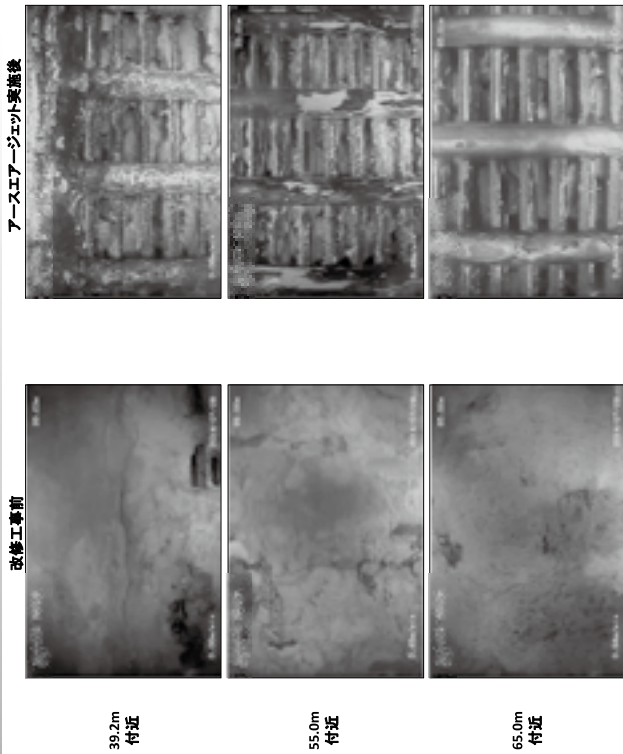
<アースエアージェット工法>
高圧洗浄後



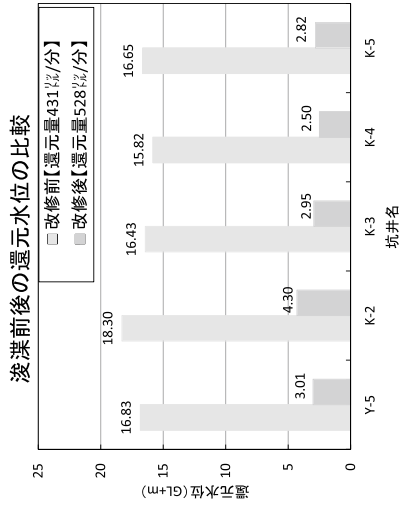
ほとんどの部分が目詰まり

スクリーン奥の充填砂利も鮮明に！

事例④ 還元井〈洗浄効果の比較〉



事例④ 還元井〈還元能力の比較〉



改修工事前		アースエアージェット実施後	
還元量	431ℓ/分	528ℓ/分	
水位	GI+15.82~18.30m	GI+2.50~4.30m	

水位は各坑井ともに
13~14m程度低下
↓
還元水位
1/5~1/6に低下
還元能力の向上

アースエアージェット工法のまとめ

従来工法とアースエアージェット工法の違い

項目	従来工法 (ブラッシング、スラッピング)	アースエアージェット工法
スクリーンの洗浄効果	表面的、部分的に有効	全体的に有効
砂利充填部分の目詰まり解消効果	部分的に有効	全体的に有効
揚水・還元能力の改善効果 (水量回復・増加の期待)	やや期待	回復の期待大
抑留事故の危険性	可能性有り	ほとんど無し
洗浄終了の目安	上下動の回数、時間	エアリーフトで洗浄状況をリアルタイムで確認
洗浄効果の向上	上下動の回数・時間を増	洗浄圧を上昇させることで容易に向上

4. まとめ

深度300m以深の井戸への対応

- ・深度200m迄は実績有り
- ・高圧ホース・高圧コンプレッサの導入により対応可能である



温泉井への対応にも期待

- 温泉井で深度200m (ポンプ設置深度) までの実績有り
- 温泉井ストレーナー箇所へ施工 (未施工) → 効果の評価

様々な条件の井戸に対応出来る様に改良を行い、アースエアージェット工法の洗浄能力の向上を図っていく。

ご静聴ありがとうございました。

第53回試錐研究会講演資料 ～ 地熱利用を考える ～

「先進国の事例と洞爺湖町における地熱開発の取り組みについて」

化石燃料から湯けむり燃料へ・・・



洞爺湖温泉利用協同組合 専務理事 四宮 博

先進国による環境・地熱利用の事例

洞爺湖温泉地域における地熱水利用活用について

既存源泉の現況と地熱開発地点の選定

発電事業への検討事項について

地熱利用施設建設工事

<アイスランドの概要>

アイスランドは人口約32万人、国土は北海道と四国をあわせてくらの大きさの火山大国であり温泉大国でもある。産業は漁業が盛んで北海道との共通点も多い。
エネルギーは、地熱（70%）、水力（18%）から得ていて、電力事情で考えるとクリーンエネルギーの先進国である。

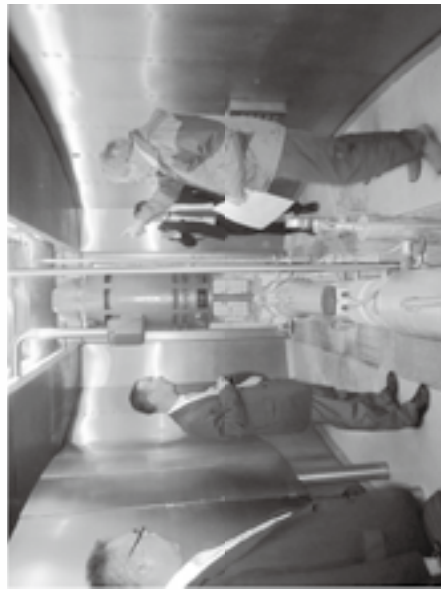
「先進国による環境・地熱利用事例について」

在アイスランド日本大使館・エネルギー庁



アイスランドは国民一人当りのエネルギー消費量が高く、再生可能エネルギーの利用度が非常に高い国である。
 オイルショックを契機に、海外の石油依存から国内資源の地熱、水力利用に転換。70年代に比べるとエネルギー供給量は約5倍の増加しているが、地熱が70%を占めている。（なお、石油は輸送用（船・車など）と一部の離島でのみ利用している。
 電力の80%はアルミニウム製造工場での需要。電力は安価で企業誘致を進めている。

レイキャビック・エナジージン社（熱供給施設）

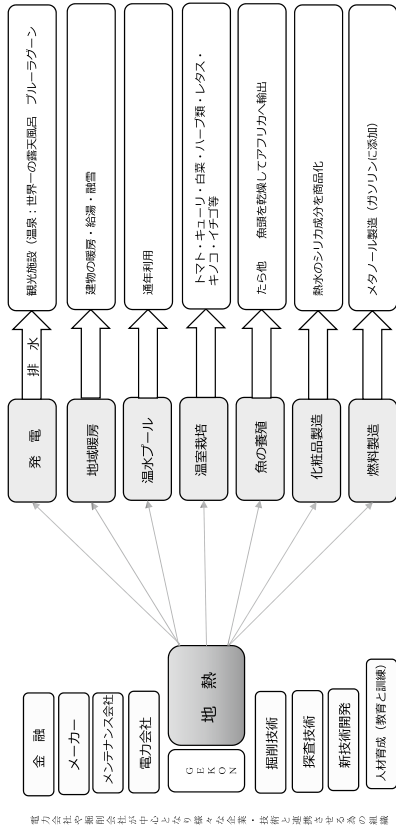


市街地で100℃の熱水を汲上げ、レイキャビックの90%の家庭に熱水を供給している。
 暖房や給湯に使用。（使用料金は月数千円程度と安価である。）

アイスランドの地熱は、観光・産業との連携

■地熱クラスターの推進
 アイスランドでは、将来的に地熱開発に関し世界的に関わっていくという基本戦略のもと「地熱クラスター」を推進している。

【地熱クラスター】



電力会社や掘削会社を中心とする事業者が、掘削と運営を担う地熱の掘削と運営を担う事業者の組織

HS ORKA社（スヴァルツェンギ地熱発電所）



タービン

発電機
 （日本製：富士電機）

監視制御室

発電出力75MW（75,000kw）の地熱発電所
 （30MW×2基、15MW×1基）

*ここ地熱発電所が汲上げた地熱水の排水を利用した施設がブルーラグーンである。



海外の地熱資源の活用事例（発電と併せて活用）

アイスランドの事例 温泉施設（ブルーラグーン）



- ◆スヴァルツェンギ地熱発電所（出力7.65万kW）に隣接。
- ◆発電所の排熱水を利用した世界最大級の広さを誇る屋外温泉施設。
- ◆アイスランド随一の観光資源。年間入場者数：約55万人（アイスランドの人口約32万人）近年、国外からの観光客が急増。
- ◆温水中のケイ素を含む泥を活用した化粧品も販売。



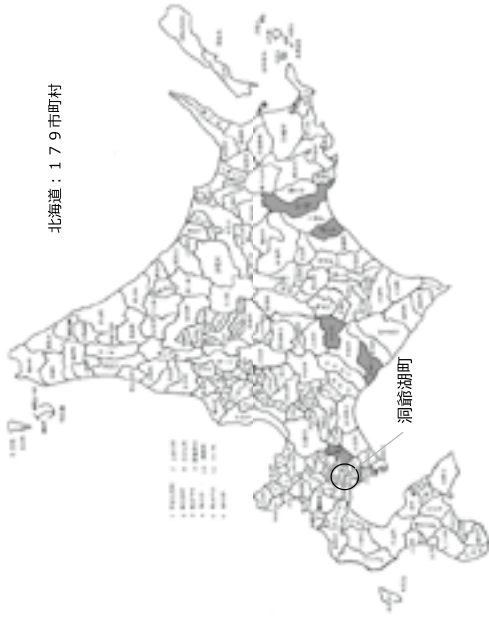
化粧品販売 10

洞爺湖温泉地熱地帯に関する観光地資料：北海道観光振興局

洞爺湖温泉地域における地熱水利用活用について



北海道：179市町村



洞爺湖町のご紹介

洞爺湖町は、北海道南西部に位置し、新十川(内浦町)・洞爺湖(洞爺町)の豊かな自然に囲まれており、北海道で先駆的温泉観光地帯と並び自然・その景観・光景観に恵まれた町です。

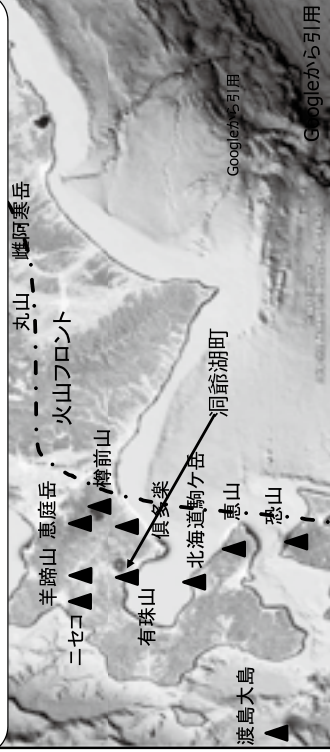
人口：10,132人
面積：181平方キロメートル
2009年
世界ジオパークに登録

活火山の分布

気象庁HPから

知床岳
ルルイ山

洞爺湖町は、有珠山と言う活火山があり、地熱開発としては有望な区域として、北海道立総合研究機構地質研究所が2003年に地質構造調査(MT法による地表調査)を実施している地域である。



Googleから引用

活火山の分布と位置図

事業概要

名称：洞爺湖温泉利用協同組合

設立：昭和35年9月5日

資本金：22,950,000円

代表者：代表理事 若狭洋市

組合員数：25名(他、員外利用者4名)

契約流量：2,495L/分

利用者数：44軒(旅館12軒・一般利用者18軒・足湯等74軒)

温泉使用量単価(従量制) 組合員152円/立米・員外利用者208円/立米

昭和35年9月 洞爺湖温泉利用協同組合設立……温泉資源の共同利用の為

昭和45年2月 先進地調査……(長崎県)島原温泉・(静岡県)浮山温泉・(青森県)浅虫温泉

資源量調整の為、集中管理施設整備の検討

昭和46年1月 洞爺湖温泉集中管理施設整備の発注・設計(財)中央温泉研究所

昭和48年8月 「資源保護と温泉の安定供給の為の施設」の完成

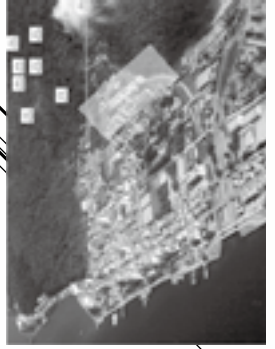
平成10年12月 コンピュータ管理による一歩進んだ集中管理施設整備の実施

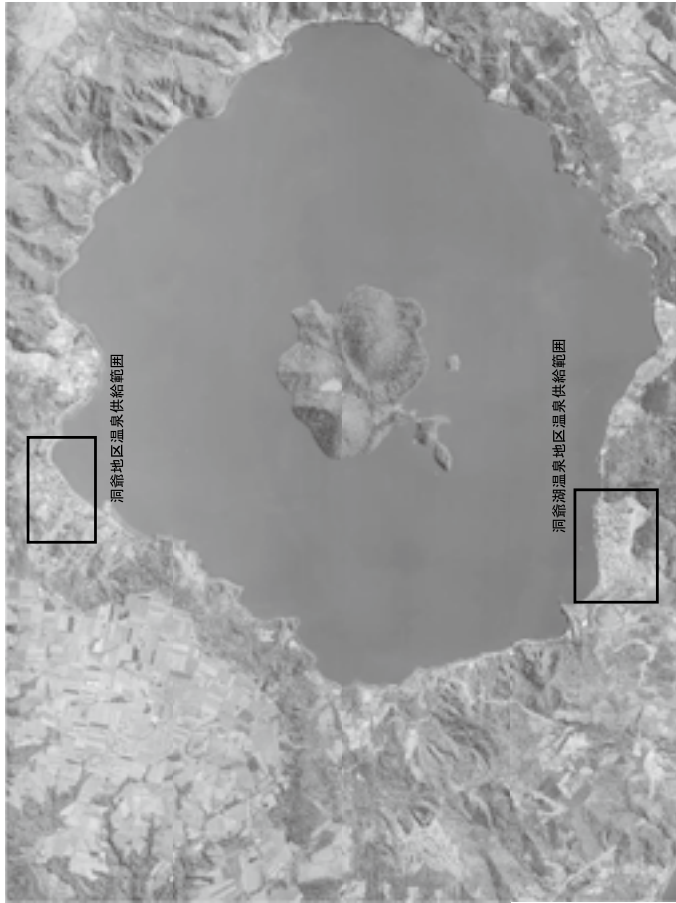
平成18年3月 排水熱利用ヒートポンプシステムの施設建設

平成25年7月 地熱構造試験井による地熱開発の実施



洞爺湖温泉利用協同組合 温泉利用施設





<洞爺湖温泉街の課題の検討>

◆省エネ事業の再構築(ほどの様に！)

- * 四十三山地域の地熱資源(温泉)の泉温低下による温泉街の課題
- <2008年実施したH/Pによる省エネ型温泉供給事業の課題>
- ◎電力料金等の高騰
- ◎加温能力など将来不安の課題
- ◎その他

◆高温地帯での地熱開発(地熱発電)の可能性

- * 2000年有珠山噴火の活動域だった西山・金比羅地区の地熱資源状況が未評価
- ◎国立公園法・温泉法など許可関係の課題
- ◎掘削資金等経済性の課題
- ◎その他

<北海道立総合研究機構 地質研究所に相談>

- ◎北海道経済産業局に相談
- ◎独立行政法人 石油ガス・金属鉱物資源機構に相談

洞爺湖温泉での地熱開発・地熱利用はできないうだろうか？
また補助事業は？



事業概要

実施事業：平成25年度地熱資源開発調査事業/独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (LOGMEC)

事業実施者：洞爺湖温泉利用協同組合

助成事業実施期間：平成25年8月1日～平成26年2月28日

<事業目的>
1. 洞爺湖町地域においてバイナリー発電(地熱発電)が可能な地熱貯留層の評価を目的とした構造試験掘井の掘削。

<実施内容>

1. 道路改良工事
2. 構造試験掘井の掘削工事 (1,428.77m)
3. 依拠気試験の実施 (99.8℃ 毎分500Lの湧出を確認)

<事業費(助成金10/10)>

1. 道路改良工事費 19,200,000円 (税別)
 2. 坑井掘削工事費 163,500,000円 (税別)
- 合計実績額 182,700,000円 (税別)

<許認可関係>

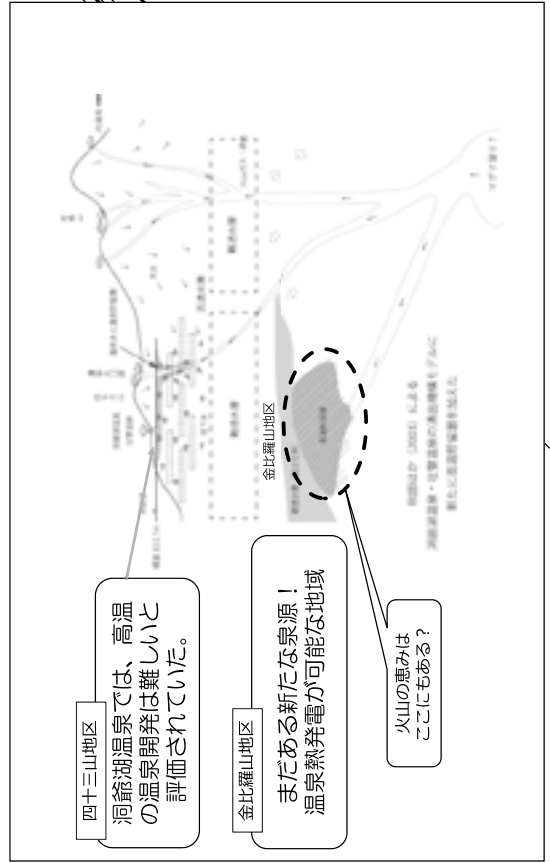
1. 国立公園第2種特別地域(地熱発電目的は、環境大臣許可が必要)
2. 温泉保護区域に指定の地域(掘削許可、既存源泉の代替が必要、洞爺湖地熱温泉保護対策協議会(2町3団体)の同意が必要)
3. 土地は、財務省財務局が所有していたが、洞爺湖町が取得(民間の取得は困難)

既存源泉の現況と地熱開発地点の選定

有珠山麓周辺航空写真



洞爺湖温泉現在の地熱資源状況について



有珠山地質断面図 (地熱資源未評価地域)



西山～金比羅山地区での地熱開発の可能性は？：地質研究所の想定

地下の熱源

2000年噴火時の貫入岩か？

もっと前から有珠火山からの熱か？

→ 熱伝導、火山ガス、火山性熱水の供給場所が問題！

水の供給と熱水の貯留

亀裂帯（フラクチャー）の広がりが必要！

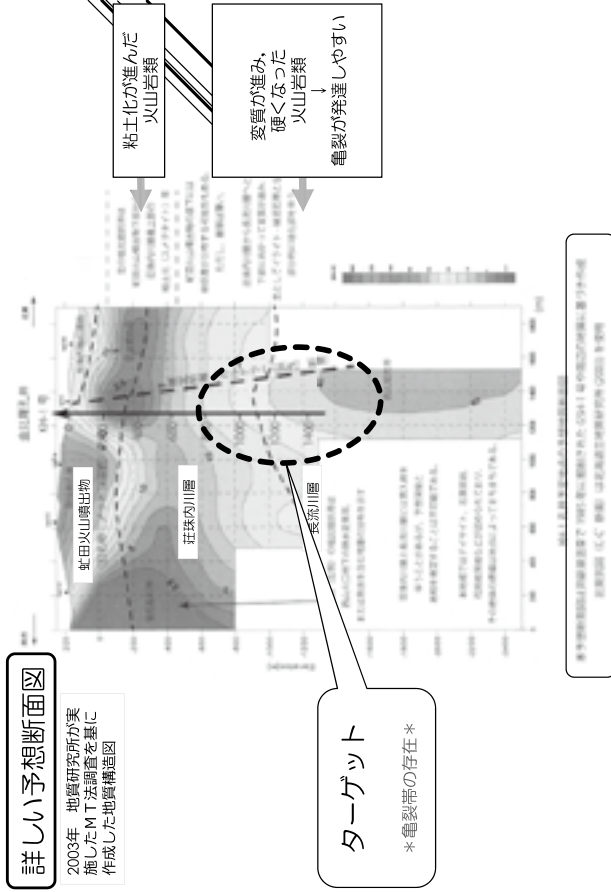
今回は、カルデラ断層周辺に亀裂帯が発達していると想定！

マイジョ：八幡光生資料

地熱資源開発調査結果

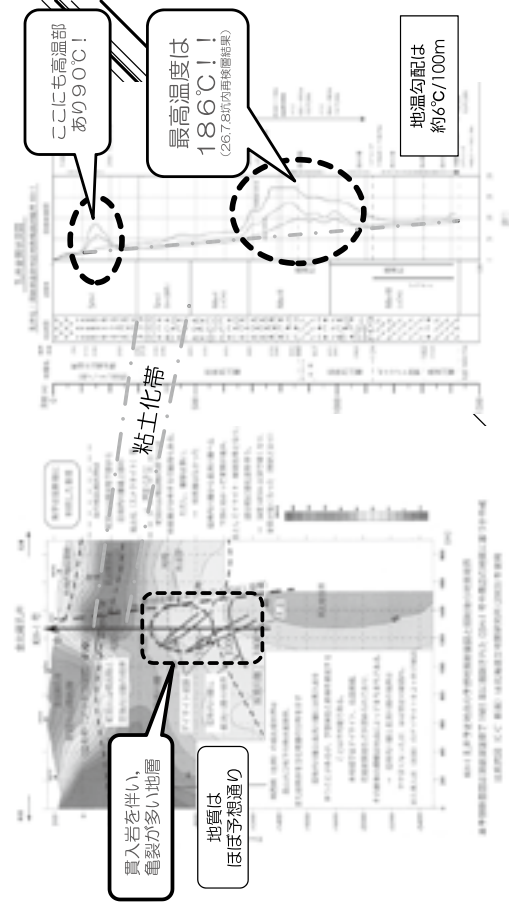
詳しい予想断面図

2003年 地質研究所が実施したMT法調査を基に作成した地質構造図



マイジョ：八幡光生資料

掘削の結果



マイジョ：八幡光生資料



平成25年度洞爺湖温泉地域に於いてバイナリー発電（温泉発電）が可能な地熱貯留層の評価を目的とした構造試験井の掘削は、北海道立地質研究所（当時）が2000年噴火後に当該地域で実施したMT法（地表調査）による地下地質構造調査の結果を基に地熱資源開発調査掘削を実施した。

仮噴気試験結果では、湧出温度99.8℃・湧出量毎分500lと地熱発電可能な地熱水であることが確認された。また、同坑井地層から金比羅山地域地下の地熱資源状況（カルデラ断層とその近傍）におけるフラクチャーによる熱水貯留層と熱流動）が概要ではあるが明らかになれば、今後の同地域の地熱資源開発とその利用を考える上で重要な成果となった。



水中ポンプによる場湯試験
もうもつと蒸気が上がり、
大量の熱水（約100℃）が流れ出た

洞爺湖町では、地域の明るい話題となった！



発電事業への検討事項

＜当該地域の地熱資源（地熱開発調査事業）をどの様に発電事業に繋げるか＞

＜課題＞

- ◎補助事業にて調査掘削した構造試験井の発電を目的とした運用計画
- ◎発電機器の適正な選定（他地域の運用事例を参考にして）

＜有効利用する為の検討事項＞

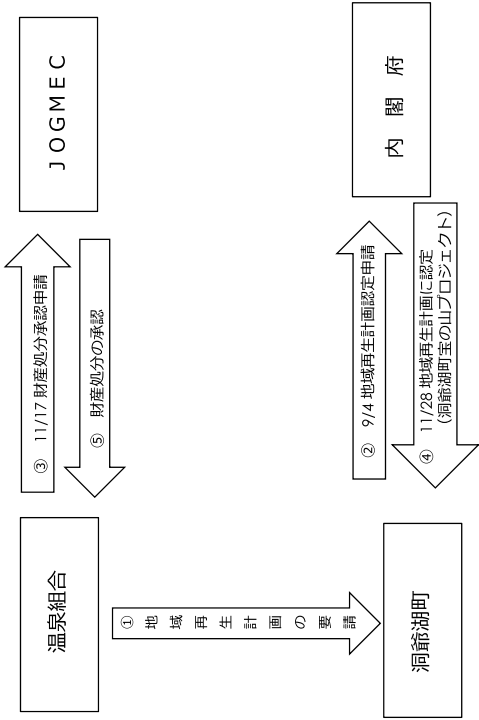
- ◎掘削調査から発電事業実施までの期間の償却緩和（運用の検討と手続きが必要）
- ◎地方行政に対する地域再生計画での転用（内閣府・JOGMECに手続きが必要）

洞爺湖町と当組合とが一体なつて有効利用の取り組みを実施した。

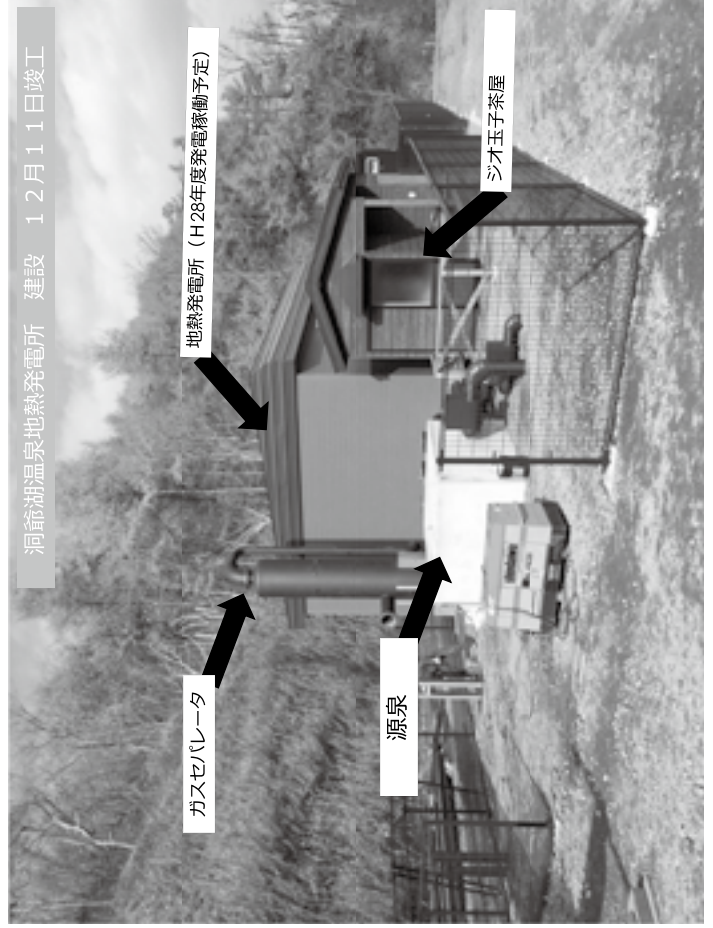
発電事業への検討事項

実施事例

当組合は、下記の手続きを行うことによりJOGMECより財産の転用が可能となりました。



地熱利用施設建設工事 (12月11日竣工)



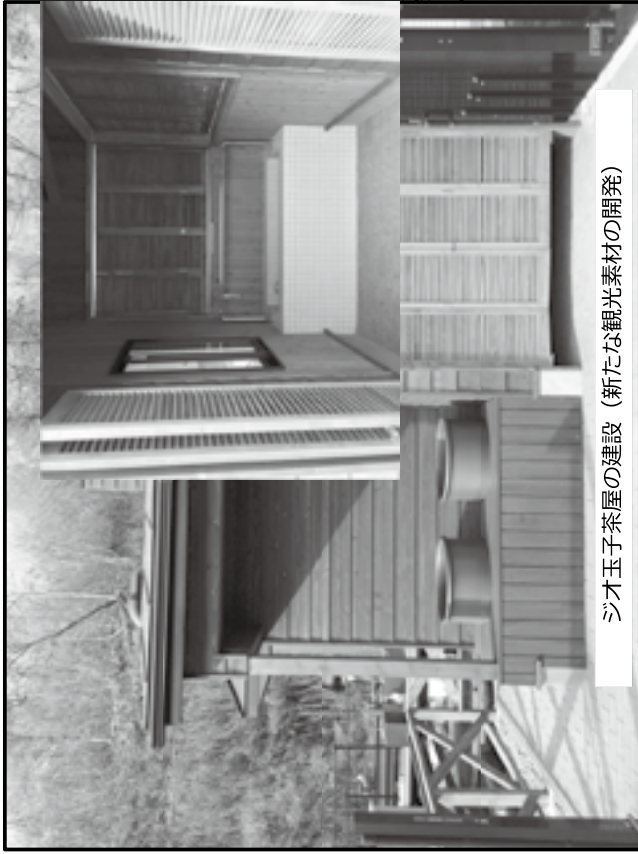
水中モーターポンプ挿入



ポンプセット位置: 382m

温度: 180℃仕様

揚湯量: 毎分400 L



シオ玉子茶屋の建設 (新たな観光素材の開発)

洞爺湖温泉地熱発電施設管理棟の建設



地熱水送湯管敷設工事 GNG125A・1,684m 9.8℃仕様



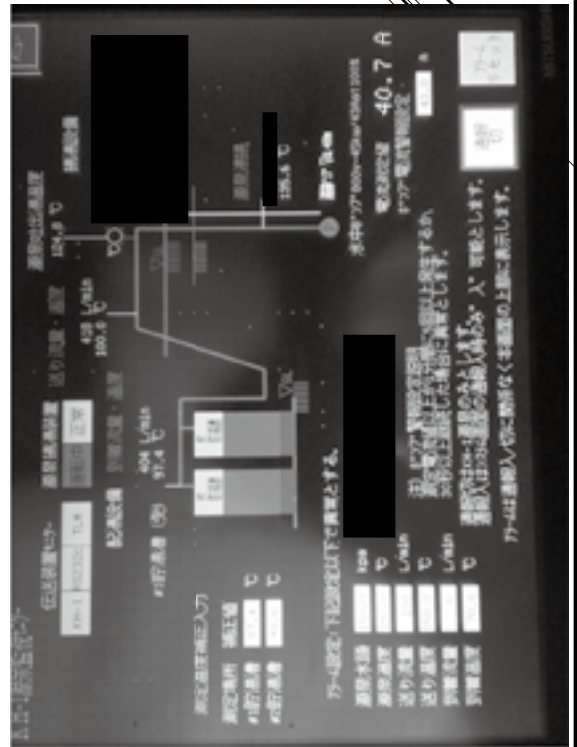
地熱水送湯管敷設工事 貯湯槽（300t×2基）に接続工事



温泉供給システム（集中監視室）



温泉供給システム（集中監視室）



ご清聴ありがとうございました。



【資料提供】
北海道立総合研究機構地質研究所
マイソオ：代表 八幡 正弘

