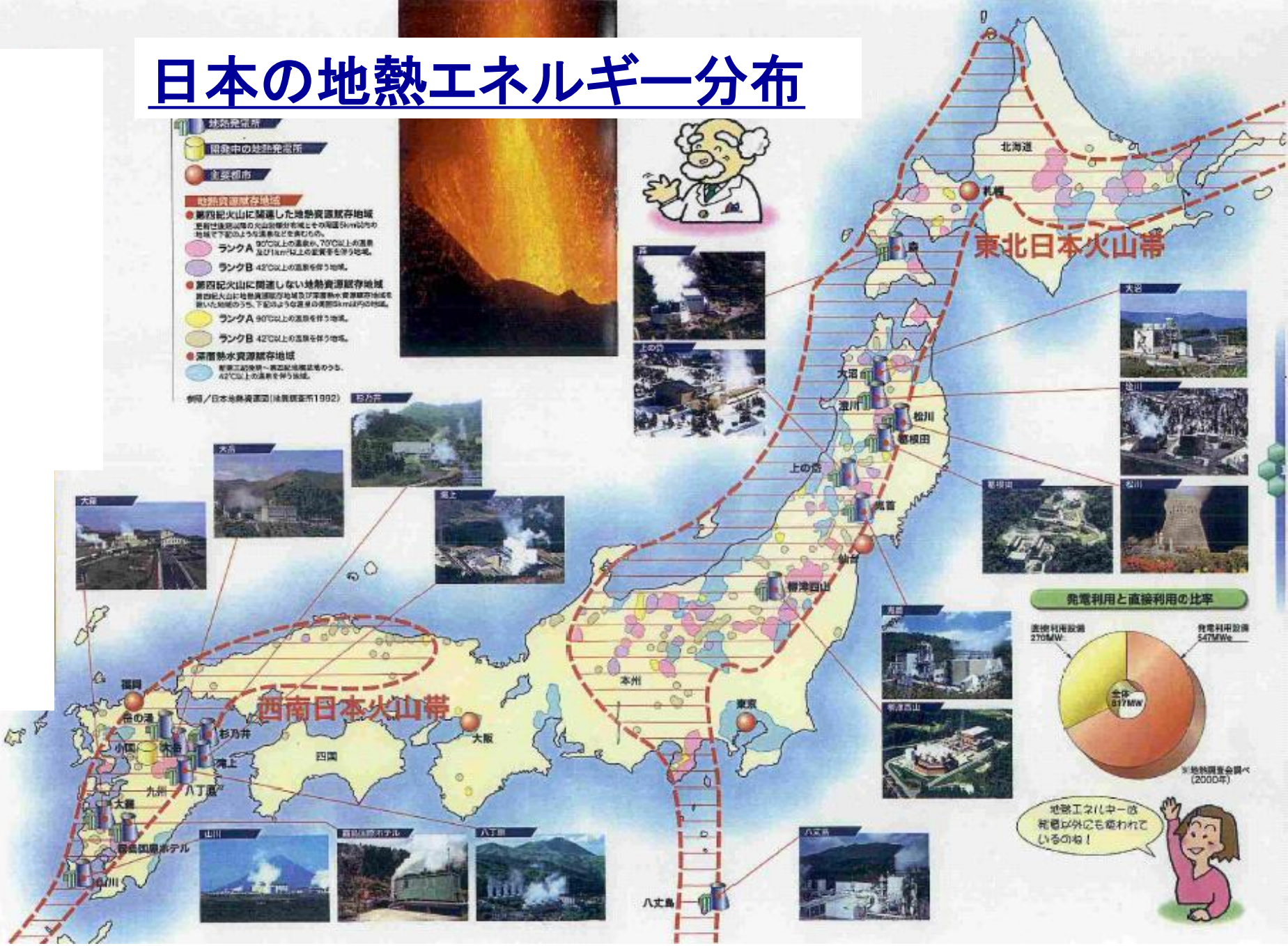
東北電力(株)の地熱発電所の紹介と展望

東北電力株式会社
火力部　地熱統括センター
大堀　孝範

説明の内容

1. 地熱エネルギーの分布と開発経緯
2. 地熱発電の概要
   （地熱発電のしくみ，地熱貯留層，蒸気供給設備）
3. 地熱発電の特徴，シェア
4. 地熱発電所の体制
5. 地熱発電所運用上の問題と対策
6. 課題と今後の展望

日本の地熱エネルギー分布



東北の地熱発電の歩み

- 昭和41年10月　日本重化学工業㈱松川地熱発電所（23，500kW）
  （平成15年10月　東北水力地熱㈱に移管）

昭和49年　6月　三菱マテリアル㈱大沼地熱発電所（9，500kW）

昭和50年　3月　電源開発㈱鬼首地熱発電所（12，500kW）
（平成22年2月　15，000kWに出力増）

昭和53年　5月　東北電力㈱葛根田地熱発電所1号機（50，000kW）

平成　6年　3月　東北電力㈱上の岱地熱発電所（27，500kW）
（平成9年2月　28，800kWに出力増）

平成　7年　3月　東北電力㈱澄川地熱発電所（50，000kW）

平成　7年　5月　東北電力㈱柳津西山地熱発電所（65，000kW）

平成　8年　3月　東北電力㈱葛根田地熱発電所2号機（30，000kW）

地熱発電の概要（地熱発電とは）

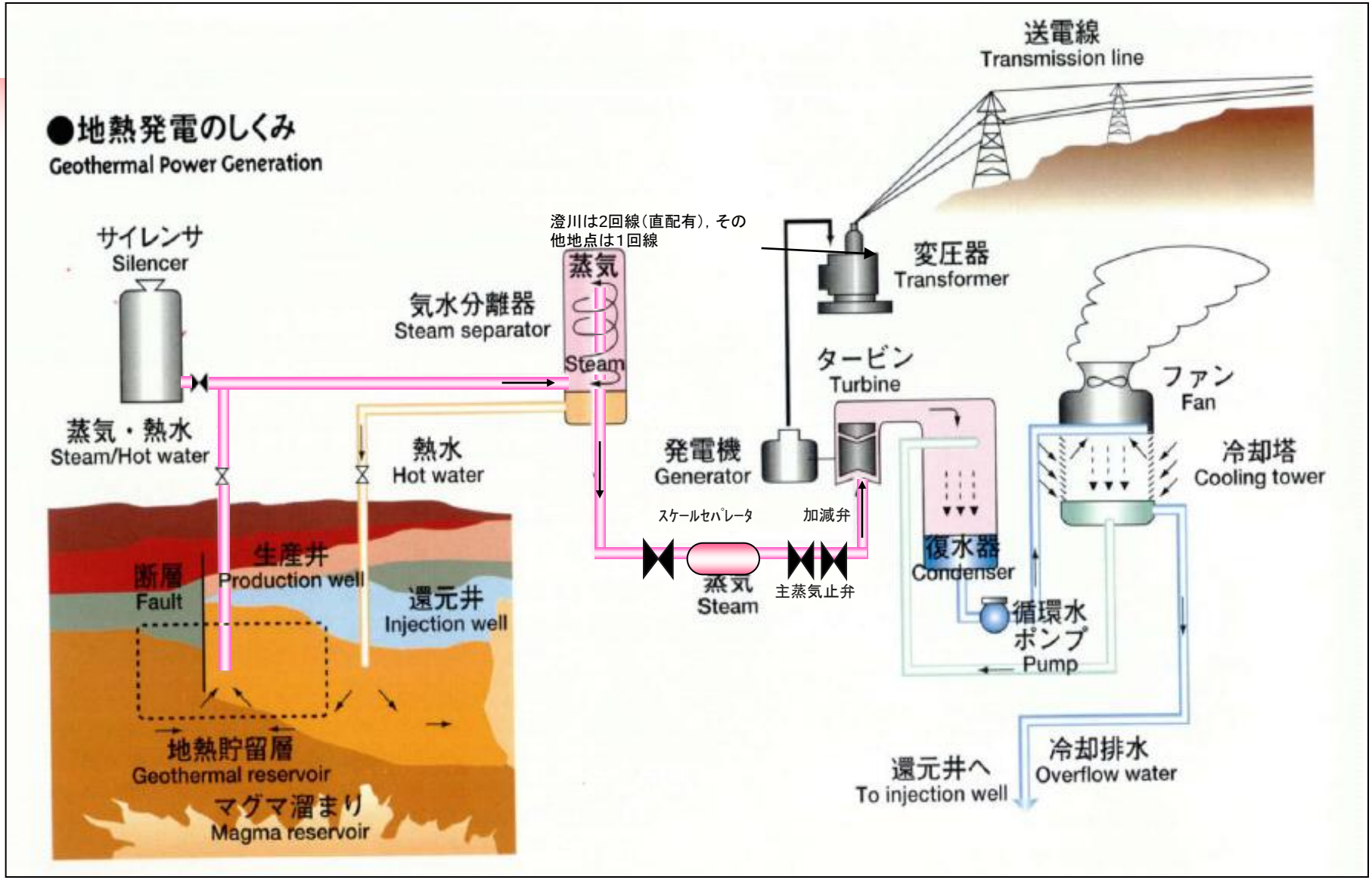
- 地下（地熱貯留層）から取り出した地熱流体を汽水分離器（セパレータ）で蒸気と熱水に分離し，分離した蒸気でタービンを回して発電する。
- 地上で使用された蒸気の凝縮水，および汽水分離された熱水は還元井によって地下に戻される。

地熱貯留層

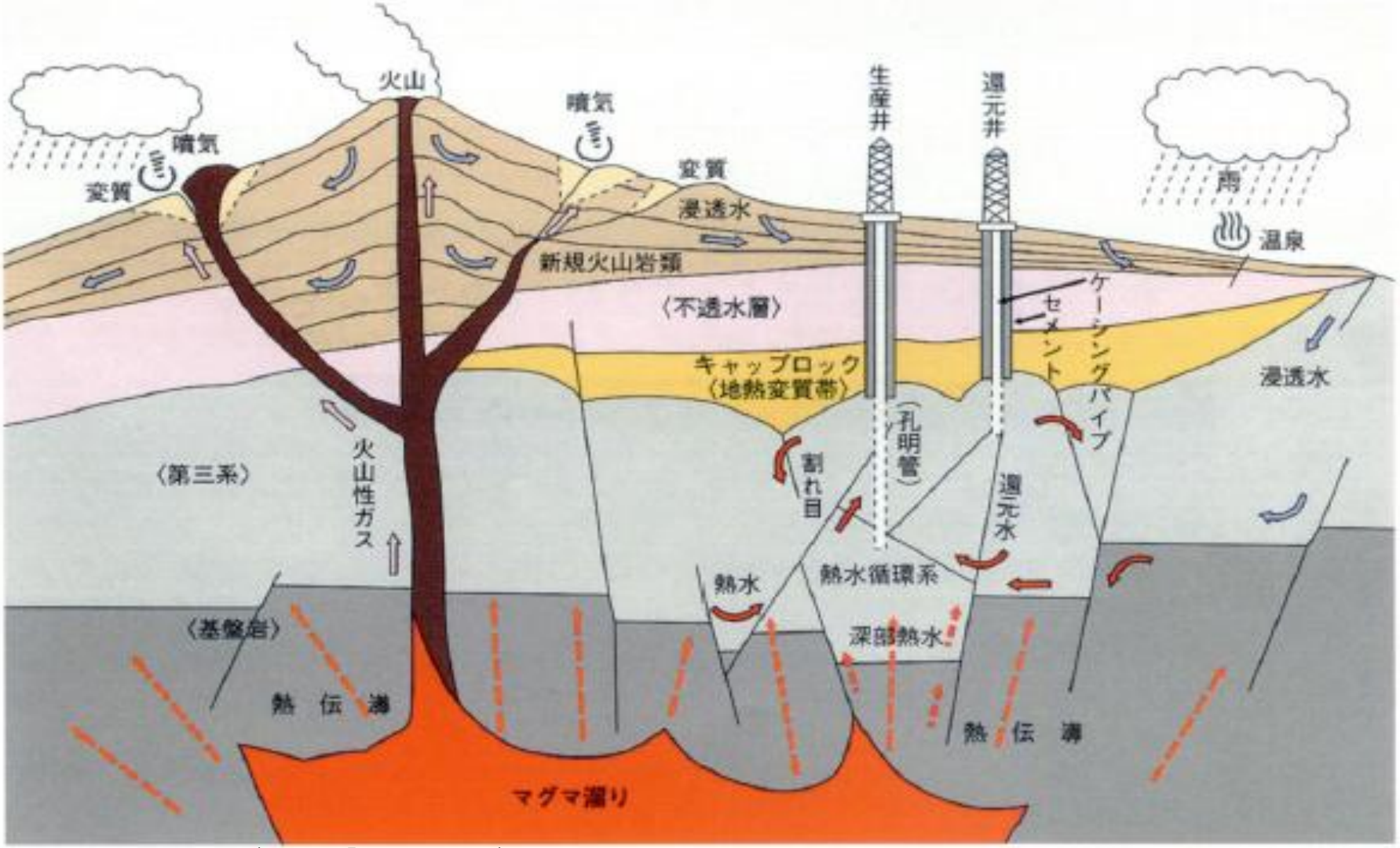
マグマだまりによって熱せられた地下水が，地下深部の隙間や岩石の割れ目に蓄えられたもの

・・・ **地熱貯留層の三要素＝水（充分な給水量），熱（マグマ等）器（割れ目群，キャップロック等）**

地熱発電の概要（地熱発電のしくみ）



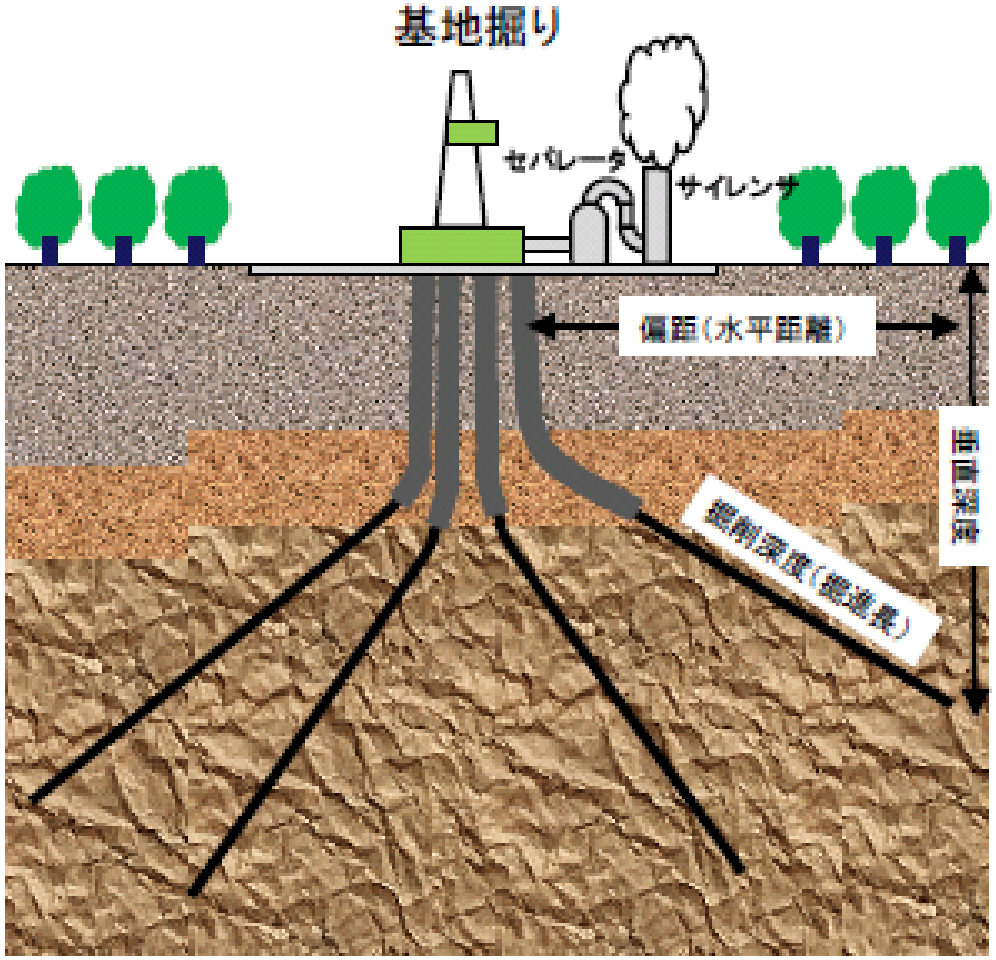
地熱貯留層の概要



新エネルギー財団「地熱エネルギー」より引用

(資料提供：三菱マテリアル㈱)

蒸気井の掘削イメージ



地熱発電の特徴

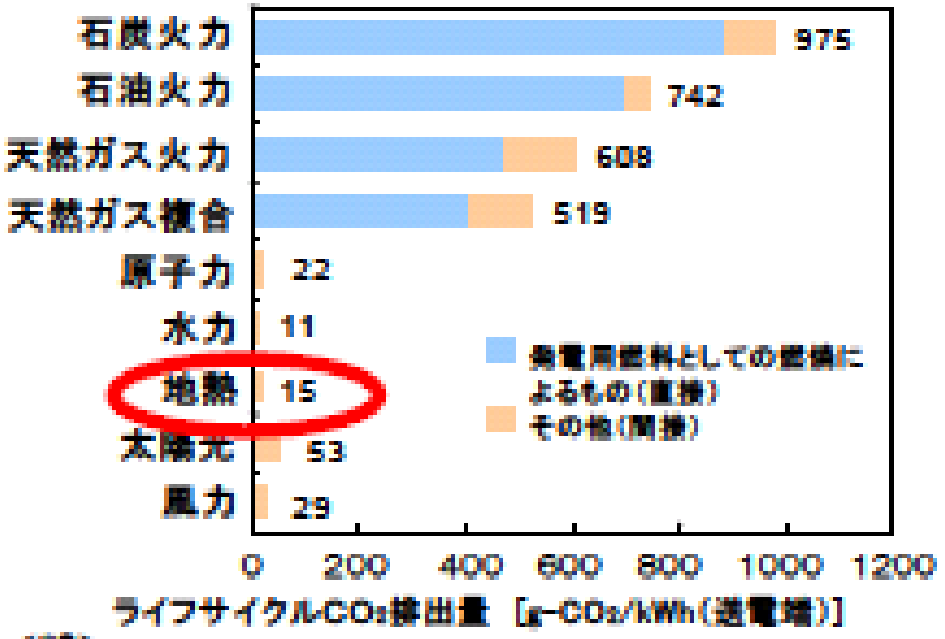
- 輸入に頼らない純国産エネルギー
- 再生可能なエネルギー
- 自然エネルギーの中でエネルギー密度が高く，高利用率な電源
- 環境負荷が小さくCO_2排出量も小さい
- 地熱資源が偏在しているためシェアは世界的にも余り大きくはない

地熱発電の利用率とCO2排出量

【電源別の設備利用率の比較】

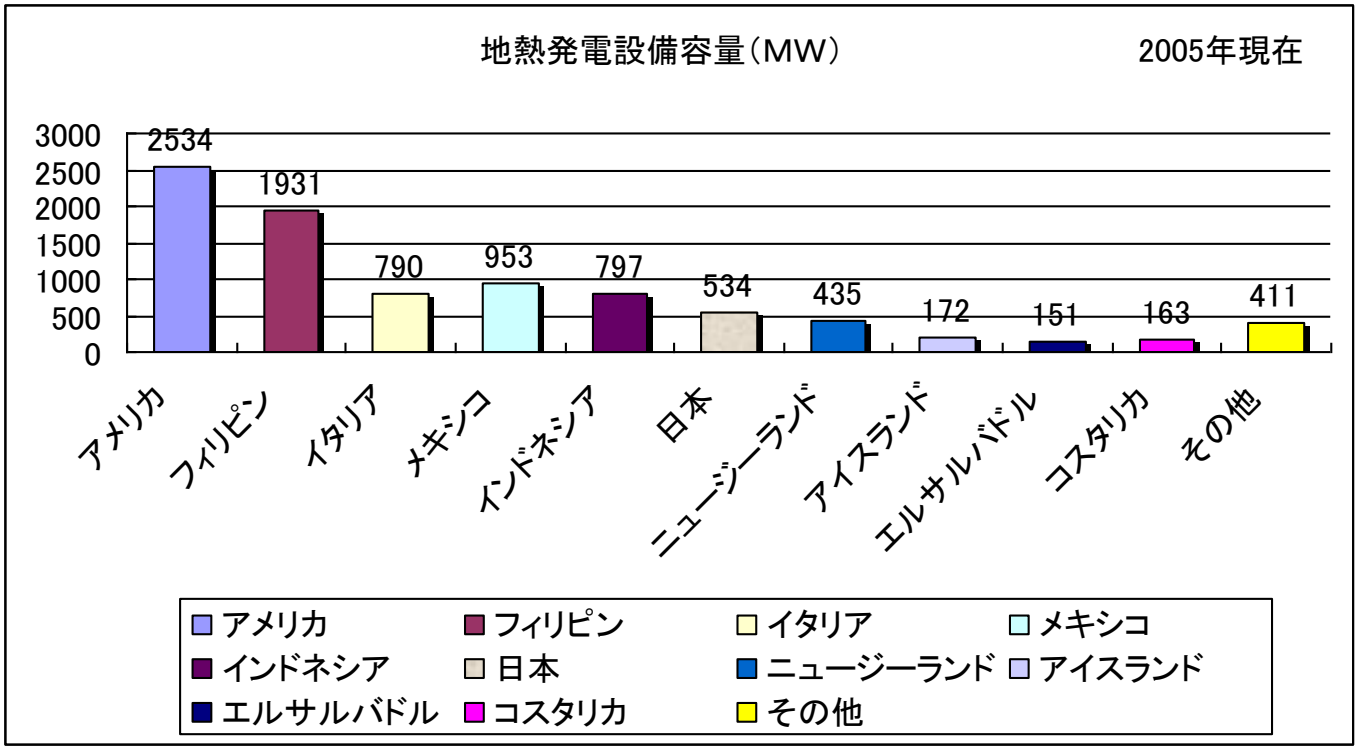
太陽光	約12%
風力	約20%
地熱	約70%

【各種電源の発電量当たりのCO2排出量】



<出典>
◎原子力については、電力中央研究所「ライフサイクルCO2排出量による原子力発電技術の評価 平成13年6月」
◎地熱については、電力中央研究所「ライフサイクルCO2排出量による発電技術の評価 平成13年3月」

世界の地熱発電設備容量



日本は世界第6位　世界総地熱発電容量の約6．0%を占める

全世界の地熱発電設備容量は総発電設備容量の0．3%である

日本の地熱発電所一覧

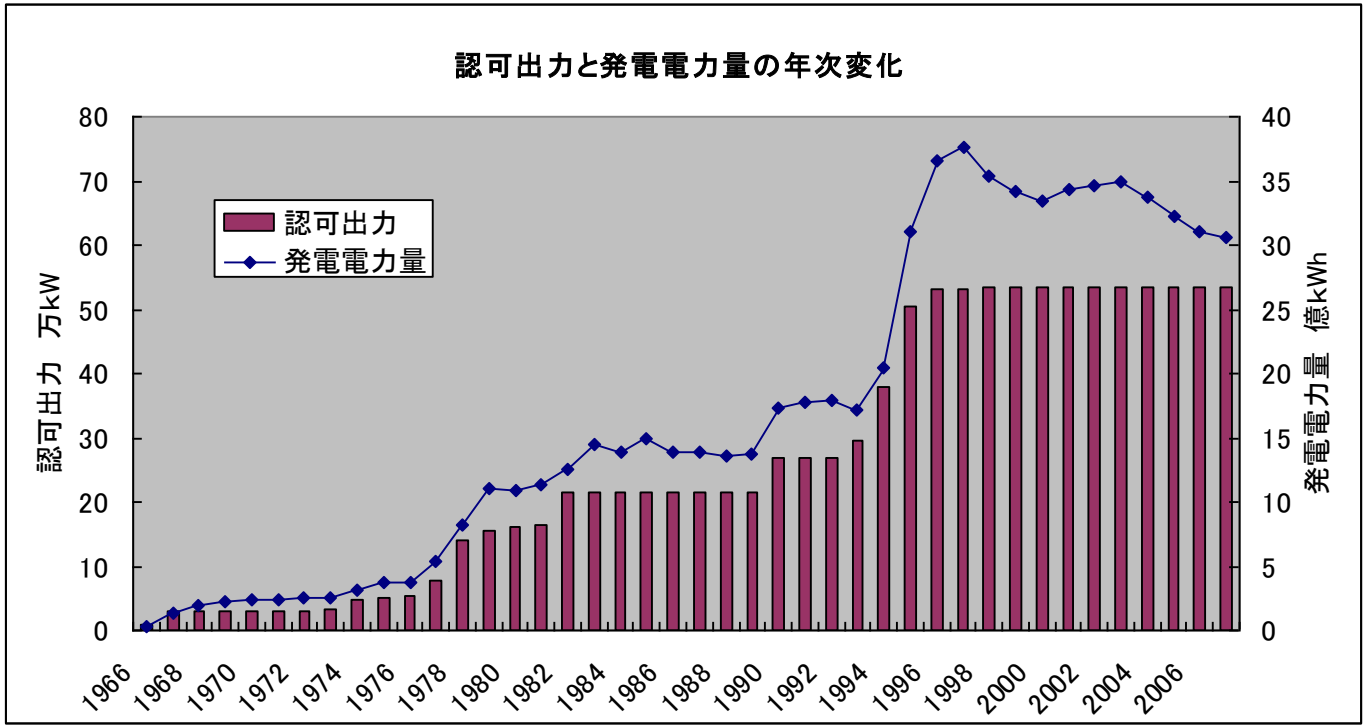
発電所名	所在地	発電部門 蒸気供給部門		認可出力 (kW)	運転開始 年月日	発電 方式
森	北海道森町	北海道電力㈱		50,000	S57.11.26	DF
澄川	秋田県鹿角市	東北電力㈱ 三菱マテリアル㈱		50,000	H7.3.2	SF
松川	岩手県八幡平市	東北水力地熱㈱		23,500	S41.10.8	(DS)
葛根田	岩手県雫石町	東北電力㈱ 東北水力地熱㈱	1号	50,000	S53.5.26	SF
			2号	30,000	H8.3.1	SF
上の岱	秋田県湯沢市	東北電力㈱ 秋田地熱エネルギー㈱		28,800	H6.3.4	SF
鬼首	宮城県鳴子町	電源開発㈱		12,500	S50.3.19	SF
柳津西山	福島県柳津町	東北電力㈱ 奥会津地熱㈱		65,000	H7.5.25	SF
八丈島	東京都八丈町	東京電力㈱		3,300	H11.3.25	SF
大岳	大分県九重町	九州電力㈱		12,500	S42.8.12	SF
八丁原	大分県九重町	九州電力㈱	1号	55,000	S52.6.24	DF
			2号	55,000	H2.6.22	DF
滝上	大分県九重町	九州電力㈱ 出光大分地熱㈱		25,000	H8.11.1	SF
大霧	鹿児島県牧園町	九州電力㈱ 日鉄鹿児島地熱㈱		30,000	H8.3.1	SF
山川	鹿児島県山川町	九州電力㈱		30,000	H7.3.1	SF
事　業　用　計				520,600		
大沼	秋田県鹿角市	三菱マテリアル㈱		9,500	S49.6.17	SF
杉乃井	大分県別府市	㈱杉乃井ホテル		3,000	S56.3.6	SF
岳の湯	熊本県小国町	廣瀬商事㈱		50	H3.10.19	DS
九重	大分県九重町	(合)九重観光ホテル		990	H10.4	SF
霧島国際ホテル	鹿児島県牧園町	大和紡観光㈱		100	S59.2.23	SF
自　家　用　計				13,640		
合　　計				534,240		

DF:ダブルフラッシュ, SF:シングルフラッシュ, DS:ドライスチーム

日本の地熱発電の現状

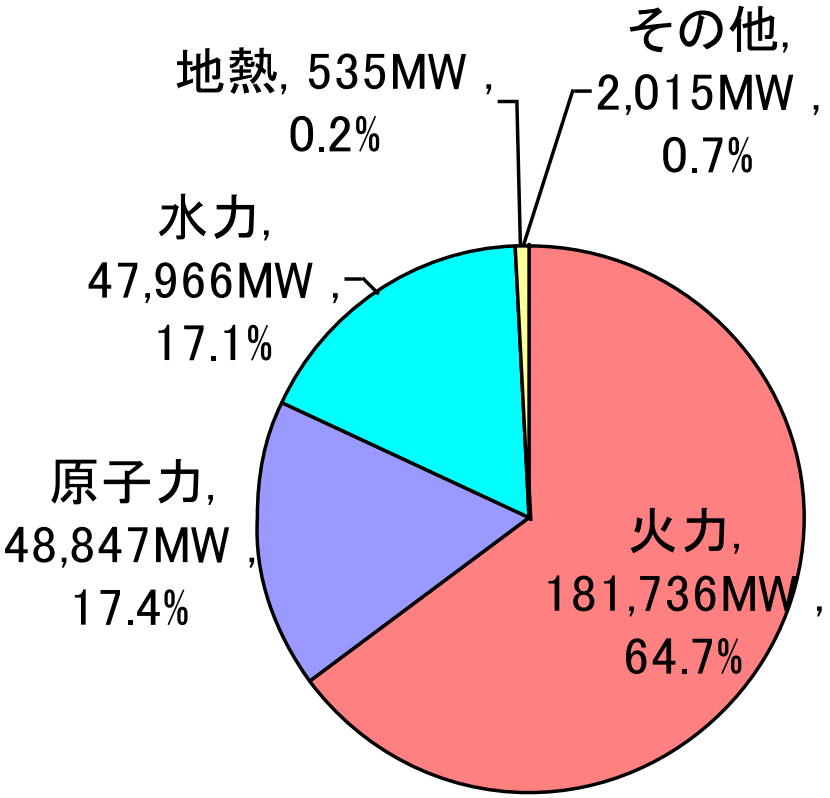
・1990年代（石油危機後の原油価格高騰期）に開発のピークを向かえたが，平成8年の葛根田地熱2号機の運転開始以降，大規模（1万kW以上）な発電所は開発されていない。

・発電電力量は生産井や還元井の自然減衰等により減少傾向にある。



（出典：「地熱発電の現状と動向」2008年（社）火力原子力発電技術協会を基に作成）

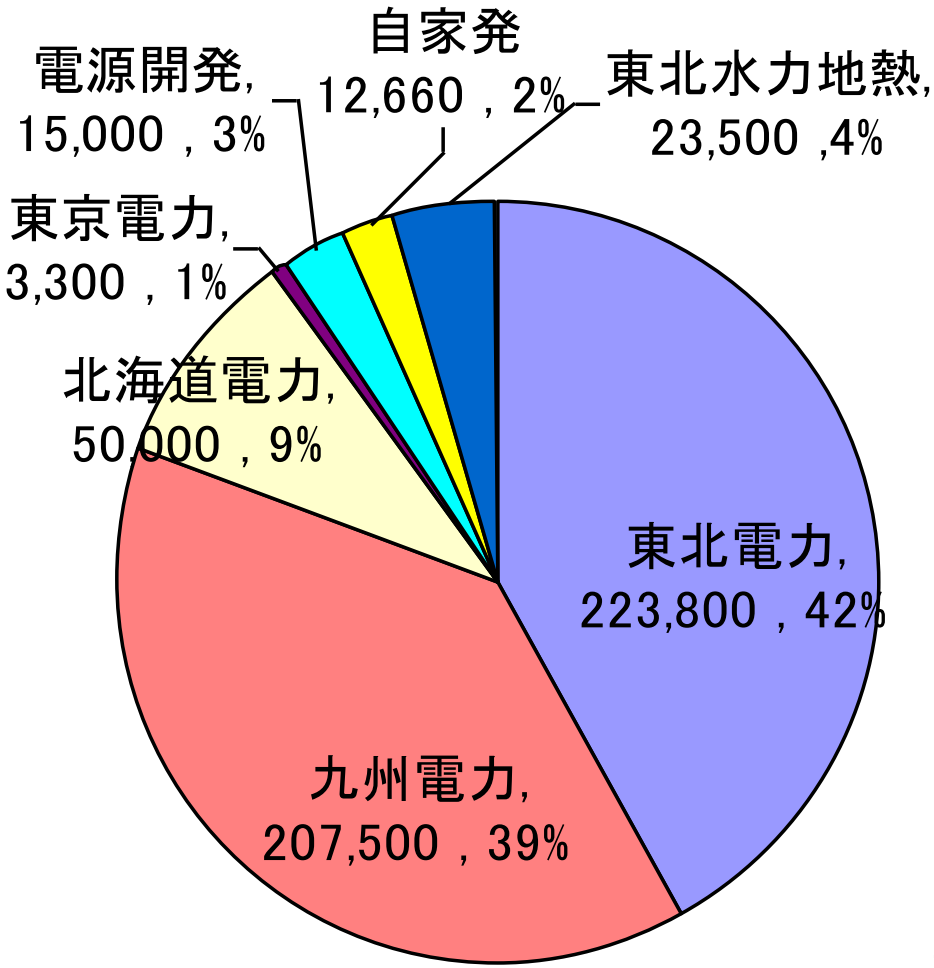
国内の電源構成



地熱は電気事業用発電設備容量281,099MWのわずか0.2%

平成22年3月末現在

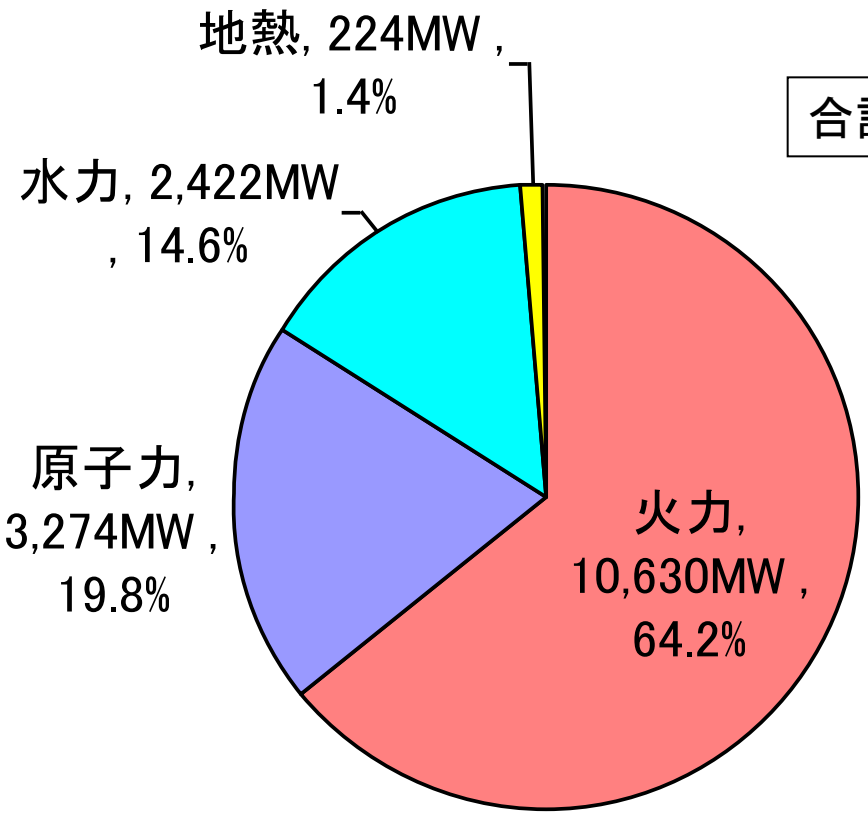
地熱発電設備の会社別構成



平成22年3月末現在

当社グループと九州電力で地熱発電設備容量534,500kWの85%を占める

当社の電源構成



合計容量 16,550MW

平成22年3月末現在

シェアが小さい理由

- 単機容量が小さい

  日本の事業用発電設備では，3，300kW～65，000kW

  日本の自家発においては100kW～9，500kW

- 調査～開発～営業運転まで長期間必要

  全国調査～広域調査～概査～精査～開発調査～発電所建設

  （例　上の岱　23年）

- 地熱資源が偏在

  有望地域が東北と九州に偏在している上，開発可能地域のうち約半数は自然公園法上の特別地域に腑存するため新規開発が難しい

蒸気供給事業者との関係

発電を当社，蒸気供給を蒸気供給事業者が実施する共同開発方式

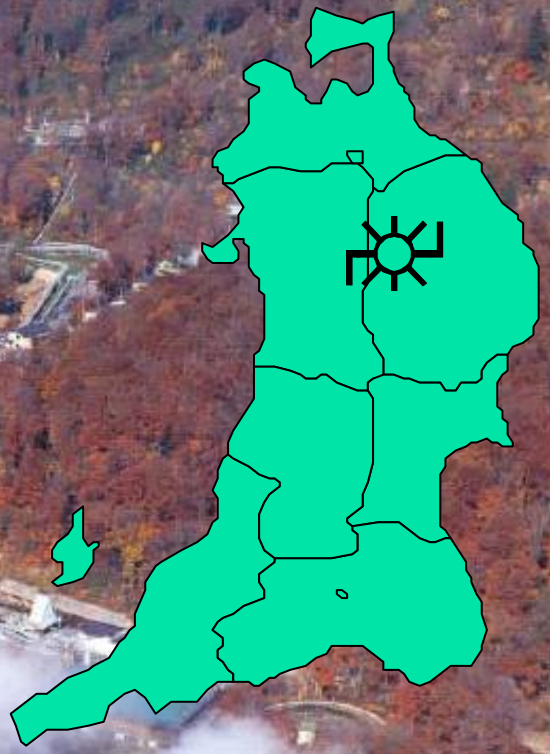
○ 開発基本協定（共同開発の精神）

○ 蒸気受給契約（蒸気売買）

○ 蒸気設備の改良・修繕工事等の計画について両者協議

かっこんだ

葛根田地熱発電所



認可出力　　：1号機　50,000kW
　　2号機　30,000kW

蒸気条件　　：1号機　0.34MPa－147.4℃
　　2号機　0.34MPa－147.5℃

営業運転開始　：1号機　昭和53年　5月
　　2号機　平成　8年　3月

蒸気供給会社　：東北水力地熱㈱

　1号機は当社で最初の地熱発電所。

上の岱地熱発電所（うえのたい）

認可出力　　：28,800kW

蒸気条件　　：0.539MPa－161.3℃

営業運転開始　：平成6年　3月営業運転開始

蒸気供給会社　：東北水力地熱（株）

タービン第1段ノズルスケール付着防止策として，
タービンウォッシングを始めて採用

澄川（すみかわ）地熱発電所

認可出力　　：50,000kW

蒸気条件　　：0.39MPa－151℃

営業運転開始　：平成7年3月

蒸気供給会社　：三菱マテリアル（株）

東北管内最北にして，標高1，062mに位置する最も高い発電所

蒸気性状はシリカ濃度が高く，タービン第1段ノズルのスケール付着対策として
ノズル冷却装置を設置したが，現在は撤去済み。また，デミスターを設置

やないづにしやま

柳津西山地熱発電所

認可出力　　：65,000kW

蒸気条件　　：0.64MPa－165.9℃

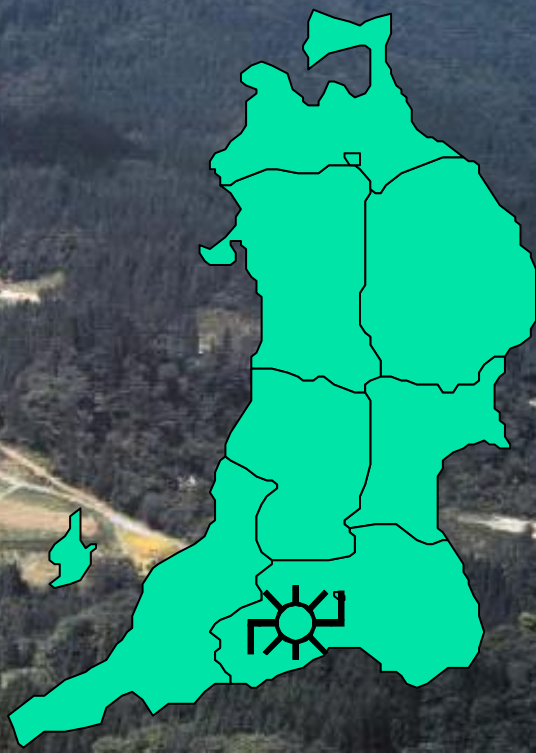
営業運転開始　：平成7年　5月

蒸気供給会社　：奥会津地熱（株）

単機出力としては国内最大の地熱発電所

日本で初の硫化水素除去装置を導入

周囲環境への配慮



地熱発電所運用上の問題

- 蒸気井減衰
- スケール付着
- 硫化水素ガス

蒸気井の減衰対策

原因

- 自然減衰（一般的には坑井近傍の圧力低下）
- スケール付着（坑井内，貯留層内）
- 生産と還元のアンバランスによる貯留層温度・圧力の低下（過剰還流＝冷却，過少還流＝減圧）

対応策

- 補充井掘削
- スケール除去（浚渫＝坑井内，洗浄＝坑井内，貯留層内）
- 生産ゾーン還元ゾーンの最適配置

スケール問題と対策

タービン翼スケール付着による性能低下

- タービン第1段ノズル部でのスケール付着
  対策：タービンウォッシング水の注入

坑井・配管のスケール付着による性能低下

- 蒸気坑井および配管　スケール付着
  対策：浚渫工事，高温高圧還元
- 発電設備　真空装置ドレン配管閉塞等
  対策：ドレン配管スケール洗浄

冷却塔散水ノズル他閉塞による性能低下

- 所内冷却水の温度上昇
  対策：冷却塔散水ノズル清掃

タービン第1段ノズルのスケール付着状況

上の岱地熱発電所タービンノズルスケール（シリカ）

配管のスケール付着状況

スケール主成分は硫黄

冷却塔の汚泥

硫化水素の影響と対策

- 硫化水素の影響
  - ・発電所機器の腐食劣化
  - ・人体への影響
- 機器の対策
  - ・硫化水素除去装置の設置
    （室内空気加圧・循環ユニット）
  - ・密閉タイプの電気制御盤の導入
- 人体の対策
  - ・ガス検出器の現場設置
  - ・警報付モニター携帯

地熱発電所の課題

◆開発リスクが高い
（地下資源ゆえの探査リスク）

◆立地上の問題
・自然公園法等の関係法令の諸規制

◆送電線や道路建設などのインフラ整備に時間と費用がかかる。

◆上記理由等により，1999年の八丈島地熱発電所の運転開始以来，新規立地がない。

地熱発電所の今後の展望

◆ 蒸気性状や腐食雰囲気を考慮した設備対策

◆ 既設発電所の出力増加対策

・適切な貯留層管理による補充井掘削

・自然公園内への傾斜掘削による出力増

◆ 地熱発電は低炭素社会に向けた取り組みの中でも季節や昼夜を問わず利用率が高く優位な電源

◆ 再生可能エネルギー全量買取制度等の政策動向を注視しながら新規発電所の立地を検討