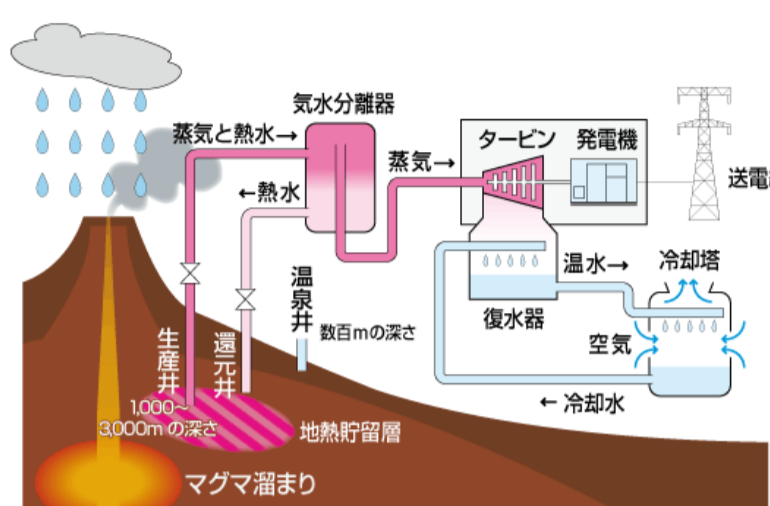
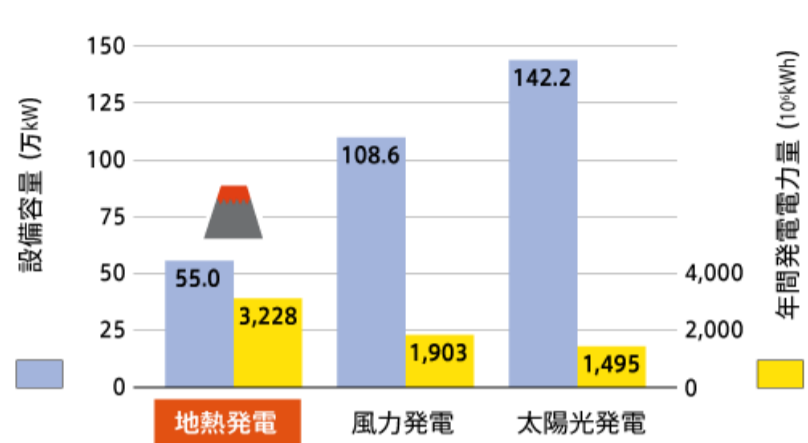
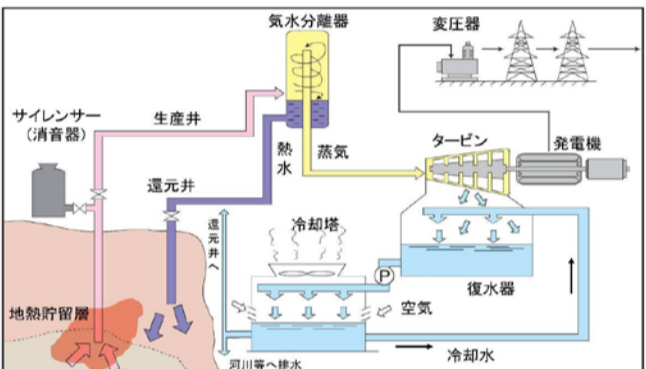
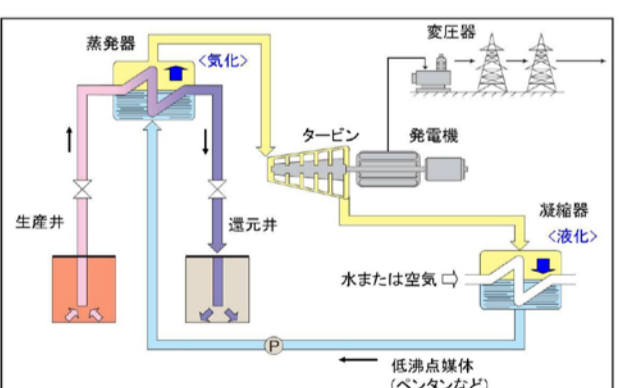
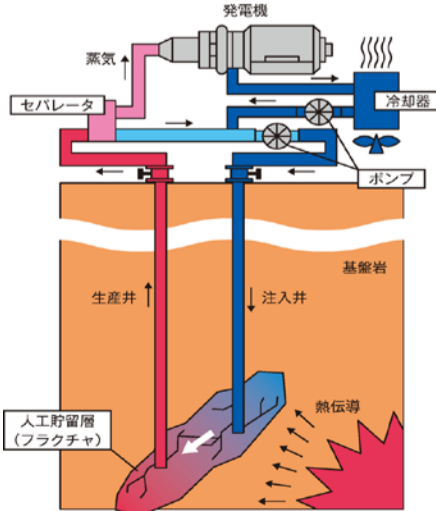
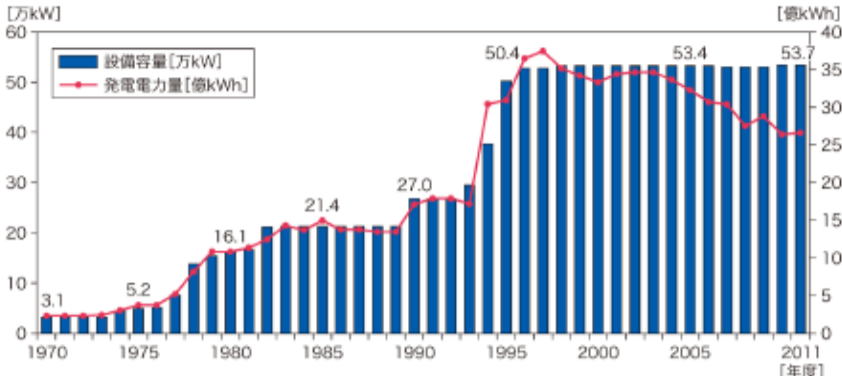
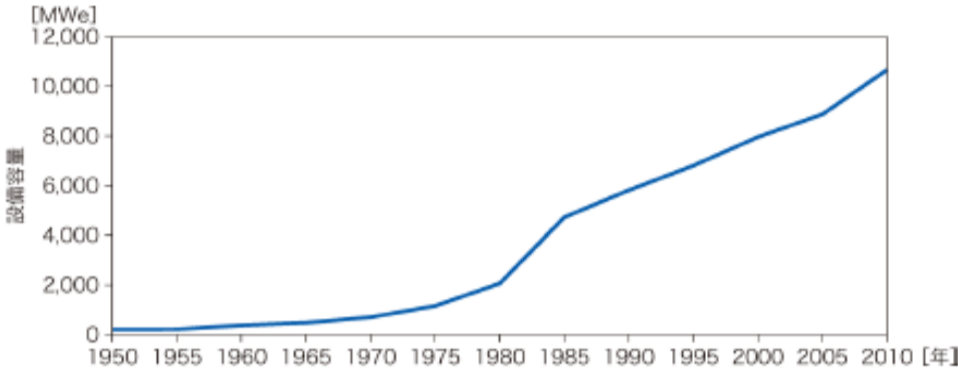


対象技術	地熱発電設備															
技術の特徴	<p>地熱発電とはマグマで高温、高圧の熱水が蓄えられた地熱貯留層まで生産井と呼ばれる井戸を掘り、熱水や蒸気を汲み出して利用する発電である。</p> <p>地熱発電は昼夜・天候を問わず24時間連続して一年を通して安定的に発電ができるため、太陽光発電や風力発電と比べて設備容量は少ないものの、設備容量に対する発電電力量が多く、設備利用率が70%と高い水準にある。</p> <p>二酸化炭素の排出量が火力発電の約1/20であり、太陽光発電や風力発電よりも排出量が少ない。</p> <p>地熱発電所の建設には許認可の申請、調査、環境への影響評価等が必要であり、10年以上の歳月が必要となることもある。</p> <div><p>図 地熱発電所の仕組み</p><p>図 地熱・風力・太陽光発電の設備容量と年間発電電力量</p><table><thead><tr><th>発電方式</th><th>設備容量 (万kW)</th><th>年間発電電力量 (10kWh)</th></tr></thead><tbody><tr><td>地熱発電</td><td>55.0</td><td>3,228</td></tr><tr><td>風力発電</td><td>108.6</td><td>1,903</td></tr><tr><td>太陽光発電</td><td>142.2</td><td>1,495</td></tr></tbody></table><p>出典：独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構ウェブサイト(地熱資源情報)</p></div>				発電方式	設備容量 (万kW)	年間発電電力量 (10kWh)	地熱発電	55.0	3,228	風力発電	108.6	1,903	太陽光発電	142.2	1,495
発電方式	設備容量 (万kW)	年間発電電力量 (10kWh)														
地熱発電	55.0	3,228														
風力発電	108.6	1,903														
太陽光発電	142.2	1,495														
地熱発電システムの種類と特徴及び開発動向	種類	特徴	実用化状況	主な国内・海外事例												
	蒸気発電方式	<p>・地熱貯留層から約200～350℃の蒸気でタービンを回す方式。</p> <div><p>出典：我が国の地熱発電の概要（地熱発電事業に係る自然環境影響検討会資料）／平成23年6月、環境省</p></div>														
	シングルフラッシュ方式	<p>・気水分離機で1度だけ熱水と蒸気を分離し、蒸気をタービンに送り、タービンを回す方式。</p> <p>・分離した熱水は還元井を通して地下に戻される。</p> <p>・日本の地熱発電のほとんどがこの方式。</p>	実用化	<p>・八丈島発電所(東京電力)</p> <p>・柳津西山発電所(東北電力)</p> <p>・カリフォルニア州CE TURBO (CalEnergy Operating Corporation)</p>												
	ダブルフラッシュ方式	<p>・気水分離機で分離した熱水をフラッシュャー(低圧気水分離機)へ送り、再度、熱と蒸気に分離し、蒸気を一度目で分離した蒸気と合わせて送り、タービンを回す方式。</p> <p>・高温高圧の地熱流体の場合に採用される。</p> <p>・シングルフラッシュ方式より10～25%出力が増加。</p>	実用化	<p>・八丁原発電所(九州電力)</p> <p>・森発電所(北海道電力)</p> <p>・カリフォルニア州SALTON SEA V (CalEnergy Operating Corporation)</p>												
	ドライスチーム方式	<p>・気水分離機を必要とせず、坑口から蒸気のみが噴出する生産井で、そのままタービンを回す方式。</p>	実用化	<p>・松川発電所(東北水力地熱)</p> <p>・カリフォルニア州BOTTLE ROCK (U.S. Renewables Group)</p>												
	バイナリー方式	<p>・80～150℃の蒸気で低沸点の媒体を加熱し、蒸発させタービンを回す方式。</p> <p>・媒体にはペンタンやアンモニアなどを使用。</p> <p>・フラッシュ方式で利用できない低温度の蒸気を利用可能。</p> <div><p>出典：我が国の地熱発電の概要（地熱発電事業に係る自然環境影響検討会資料）／平成23年6月、環境省</p></div>	実用化	<p>・八丁原バイナリー発電施設(九州電力)</p> <p>・ネバダ州FAULKNER (Nevada Geothermal Power)</p>												
	高温岩体発電・涵養地熱系 (EGS: Enhanced Geothermal Systems)	<p>・高温であるが水分が乏しく、蒸気が得られない高温岩体に割れ目を作り、坑井から水を注入し、高温蒸気を取り出し、タービンを回す方式。</p> <div><p>出典：NEDO再生可能エネルギー技術白書 第2版／平成26年2月、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構</p></div>	研究段階	<p>・雄勝実験場(電力中央研究所)</p> <p>・フランス ソルツ実験場</p>												

国内及び海外における価格動向導入状況	<p>(1)地熱発電の導入量</p> <ul style="list-style-type: none">・日本で運転している地熱発電所は17か所であり、2013年時点で認可出力合計は約515MWである。1990年代に9基導入されたが、以降新規の立地はない。・世界の地熱発電設備容量は1980年以降伸び続け、2009年では10.7GWである、 <p>(2)地熱発電システムの価格</p> <ul style="list-style-type: none">・2014年時点で建設コストは日本では70万～123万円/kW、海外ではフラッシュ方式で14.2万～44.6万円/kW、バイナリー方式で17.0万円～47.2万円と試算されている。	 <p>図 日本地熱発電の認可出力と発電電力</p>  <p>図 世界の地熱発電の設備容量</p> <table border="1"><caption>表 地熱発電のコスト試算</caption><thead><tr><th>資料 No.</th><th>前提</th><th>建設コスト</th><th>発電コスト</th><th>出典</th></tr></thead><tbody><tr><td rowspan="5">1</td><td>フラッシュ 10～250 MW</td><td>2,000～4,000 ドル /kW (16 万～32 万円 /kW)</td><td>5～8 セント /kWh (4.0～6.4 円 /kWh)</td><td rowspan="5">Technology Roadmap – Geothermal Heat and Power (2011, IEA) および Deploying Renewables – Best and Future Policy Practice (2011, IEA)</td></tr><tr><td>バイナリー 12～20 MW</td><td>2,400～5,900 ドル /kW (19.2 万～47.2 万円 /kW)</td><td>6～11 セント /kWh (4.8～8.8 円 /kWh)</td></tr><tr><td>新規サイト米国</td><td>—</td><td>12 セント /kWh (9.6 円 /kWh)</td></tr><tr><td>新規サイト欧州</td><td>—</td><td>20 セント /kWh (16.0 円 /kWh)</td></tr><tr><td>EGS 米国</td><td>—</td><td>10～19 セント /kWh (8.0～15.2 円 /kWh)</td></tr><tr><td rowspan="2">2</td><td>フラッシュ 50 MW, 米国</td><td>5,578 ドル /kW (44.6 万円 /kW)</td><td>—</td><td rowspan="2">IEA Geothermal Energy Annual Report 2010 (2012, IEA)</td></tr><tr><td>バイナリー 50 MW, 米国</td><td>4,141 ドル /kW (33.1 万円 /kW)</td><td>—</td></tr><tr><td>3</td><td>—</td><td>2,400～5,500 ドル /kW (19.2 万～44.0 万円 /kW)</td><td>—</td><td>Energy Technology Perspectives 2010 (2010, IEA)</td></tr><tr><td rowspan="4">4</td><td>フラッシュ</td><td>1,780～3,560 ドル /kW (14.2 万～28.5 万円 /kW)</td><td>3.1～13 セント /kWh (2.5～10.4 円 /kWh)</td><td rowspan="4">Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation – Special Report of IPCC (Cambridge University Press, 2012)</td></tr><tr><td>バイナリー</td><td>2,130～5,200 ドル /kW (17.0 万～41.6 万円 /kW)</td><td>3.3～17 セント /kWh (2.6～13.6 円 /kWh)</td></tr><tr><td>EGS (250～330℃, 深度 5 km)</td><td>—</td><td>10～17.5 セント /kWh (8.0～14.0 円 /kWh)</td></tr><tr><td>EGS (125～165℃, 深度 4 km, 欧州)</td><td>—</td><td>30～37 セント /kWh (24.0～29.6 円 /kWh)</td></tr><tr><td rowspan="2">5</td><td>フラッシュ 30 MW</td><td>3,718 ドル /kW (29.7 万円 /kW)</td><td>7.9～10.1 セント /kWh (6.3～8.0 円 /kWh)</td><td rowspan="2">Comparative Costs of California Central Station Electricity Generation (2010, California Energy Commission)</td></tr><tr><td>バイナリー 15 MW</td><td>4,046 ドル /kW (32.4 万円 /kW)</td><td>8.3～10.7 セント /kWh (6.6～8.6 円 /kWh)</td></tr><tr><td>6</td><td>30 MW</td><td>70 万～90 万円 /kW</td><td>9.2～11.6 円 /kWh</td><td>コスト等検証委員会報告書 (2011, エネルギー・環境会議コスト等検証委員会)</td></tr><tr><td rowspan="2">7</td><td>15 MW 以上</td><td>79 万円 /kW</td><td>—</td><td rowspan="2">平成 24 年 資源庁審議官及び 資源庁長官に関する意見 (平成 24 年, 資源価格等算定委員会)</td></tr><tr><td>15 MW 未満</td><td>123 万円 /kW</td><td>—</td></tr></tbody></table>	資料 No.	前提	建設コスト	発電コスト	出典	1	フラッシュ 10～250 MW	2,000～4,000 ドル /kW (16 万～32 万円 /kW)	5～8 セント /kWh (4.0～6.4 円 /kWh)	Technology Roadmap – Geothermal Heat and Power (2011, IEA) および Deploying Renewables – Best and Future Policy Practice (2011, IEA)	バイナリー 12～20 MW	2,400～5,900 ドル /kW (19.2 万～47.2 万円 /kW)	6～11 セント /kWh (4.8～8.8 円 /kWh)	新規サイト米国	—	12 セント /kWh (9.6 円 /kWh)	新規サイト欧州	—	20 セント /kWh (16.0 円 /kWh)	EGS 米国	—	10～19 セント /kWh (8.0～15.2 円 /kWh)	2	フラッシュ 50 MW, 米国	5,578 ドル /kW (44.6 万円 /kW)	—	IEA Geothermal Energy Annual Report 2010 (2012, IEA)	バイナリー 50 MW, 米国	4,141 ドル /kW (33.1 万円 /kW)	—	3	—	2,400～5,500 ドル /kW (19.2 万～44.0 万円 /kW)	—	Energy Technology Perspectives 2010 (2010, IEA)	4	フラッシュ	1,780～3,560 ドル /kW (14.2 万～28.5 万円 /kW)	3.1～13 セント /kWh (2.5～10.4 円 /kWh)	Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation – Special Report of IPCC (Cambridge University Press, 2012)	バイナリー	2,130～5,200 ドル /kW (17.0 万～41.6 万円 /kW)	3.3～17 セント /kWh (2.6～13.6 円 /kWh)	EGS (250～330℃, 深度 5 km)	—	10～17.5 セント /kWh (8.0～14.0 円 /kWh)	EGS (125～165℃, 深度 4 km, 欧州)	—	30～37 セント /kWh (24.0～29.6 円 /kWh)	5	フラッシュ 30 MW	3,718 ドル /kW (29.7 万円 /kW)	7.9～10.1 セント /kWh (6.3～8.0 円 /kWh)	Comparative Costs of California Central Station Electricity Generation (2010, California Energy Commission)	バイナリー 15 MW	4,046 ドル /kW (32.4 万円 /kW)	8.3～10.7 セント /kWh (6.6～8.6 円 /kWh)	6	30 MW	70 万～90 万円 /kW	9.2～11.6 円 /kWh	コスト等検証委員会報告書 (2011, エネルギー・環境会議コスト等検証委員会)	7	15 MW 以上	79 万円 /kW	—	平成 24 年 資源庁審議官及び 資源庁長官に関する意見 (平成 24 年, 資源価格等算定委員会)	15 MW 未満	123 万円 /kW	—
	資料 No.	前提	建設コスト	発電コスト	出典																																																																			
1	フラッシュ 10～250 MW	2,000～4,000 ドル /kW (16 万～32 万円 /kW)	5～8 セント /kWh (4.0～6.4 円 /kWh)	Technology Roadmap – Geothermal Heat and Power (2011, IEA) および Deploying Renewables – Best and Future Policy Practice (2011, IEA)																																																																				
	バイナリー 12～20 MW	2,400～5,900 ドル /kW (19.2 万～47.2 万円 /kW)	6～11 セント /kWh (4.8～8.8 円 /kWh)																																																																					
	新規サイト米国	—	12 セント /kWh (9.6 円 /kWh)																																																																					
	新規サイト欧州	—	20 セント /kWh (16.0 円 /kWh)																																																																					
	EGS 米国	—	10～19 セント /kWh (8.0～15.2 円 /kWh)																																																																					
2	フラッシュ 50 MW, 米国	5,578 ドル /kW (44.6 万円 /kW)	—	IEA Geothermal Energy Annual Report 2010 (2012, IEA)																																																																				
	バイナリー 50 MW, 米国	4,141 ドル /kW (33.1 万円 /kW)	—																																																																					
3	—	2,400～5,500 ドル /kW (19.2 万～44.0 万円 /kW)	—	Energy Technology Perspectives 2010 (2010, IEA)																																																																				
4	フラッシュ	1,780～3,560 ドル /kW (14.2 万～28.5 万円 /kW)	3.1～13 セント /kWh (2.5～10.4 円 /kWh)	Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation – Special Report of IPCC (Cambridge University Press, 2012)																																																																				
	バイナリー	2,130～5,200 ドル /kW (17.0 万～41.6 万円 /kW)	3.3～17 セント /kWh (2.6～13.6 円 /kWh)																																																																					
	EGS (250～330℃, 深度 5 km)	—	10～17.5 セント /kWh (8.0～14.0 円 /kWh)																																																																					
	EGS (125～165℃, 深度 4 km, 欧州)	—	30～37 セント /kWh (24.0～29.6 円 /kWh)																																																																					
5	フラッシュ 30 MW	3,718 ドル /kW (29.7 万円 /kW)	7.9～10.1 セント /kWh (6.3～8.0 円 /kWh)	Comparative Costs of California Central Station Electricity Generation (2010, California Energy Commission)																																																																				
	バイナリー 15 MW	4,046 ドル /kW (32.4 万円 /kW)	8.3～10.7 セント /kWh (6.6～8.6 円 /kWh)																																																																					
6	30 MW	70 万～90 万円 /kW	9.2～11.6 円 /kWh	コスト等検証委員会報告書 (2011, エネルギー・環境会議コスト等検証委員会)																																																																				
7	15 MW 以上	79 万円 /kW	—	平成 24 年 資源庁審議官及び 資源庁長官に関する意見 (平成 24 年, 資源価格等算定委員会)																																																																				
	15 MW 未満	123 万円 /kW	—																																																																					
技術進展による課題の解消	<p>(1)低コスト化</p> <ul style="list-style-type: none">・地熱発電にはボーリング調査に多額の費用がかかるため調査地域の地熱ポテンシャルを正確に把握することが重要である。正確で低コストの調査方法の開発が求められる。・地熱流体からはシリカ、炭酸カルシウム等の化学物質が生成されて配管等に付着する、いわゆるスケールができ、熱交換器等の効率の低下等を引き起こす。これらの定期的な除去作業が必要だが多額の経費がかかるため低コストの対策技術の開発が求められている。 <p>(2)高効率化</p> <ul style="list-style-type: none">・地熱発電では貯留層に合わせたプラントの運転が重要である。このために人工的な水圧刺激を利用して地熱資源を活用する一連の技術であるEGSの開発が求められている。 <p>(3)高耐久化</p> <ul style="list-style-type: none">・地熱流体には硫化物等の腐食性を有する化学物質を多く含んでおり、地熱流体に応じた耐久化の技術開発が求められている。 <p>(4)利用可能資源の拡大</p> <ul style="list-style-type: none">・様々な規模の熱源を利用できるように、温泉熱を利用した小型のバイナリー発電システムの開発等が求められている。																																																																							
トラブル事例(注意事項)	<p>(1)発電量の低下</p> <ul style="list-style-type: none">・地熱流体中のシリカ等がタービンに付着し、蒸気の飲み込みが悪くなることで、発電効率が低下する。・地熱流体中の硫化物等が完全に除去されず、タービン等を腐食させ、発電効率が低下する。・発電に利用した熱水や蒸気は還元井を通じて地中に戻される。この際、生産井付近に戻した場合、温度低下を引き起こし、蒸気量が減少する。 <p>(2)環境影響</p> <ul style="list-style-type: none">・海外では還元井での資源管理が実施されないなどにより、温泉の水位低下などを引き起こした。																																																																							
環境省委託事業等での先進的な活用・応用事例	小浜温泉未利用温排水による温泉発電事業化実証事業／長崎県雲仙市																																																																							