

地熱発電事業における行為と環境への影響及び国立・国定公園内の地熱開発に対する課題 (1/6)

	自然環境へ影響を及ぼす行為の概要	自然公園法に関係する主な行為	行為の内容	環境への影響軽減技術の進展 (注)	現状技術での環境への影響	国立・国定公園内の地熱開発に対する課題
資源調査の段階	地表調査	流体、岩石等の採取	【土石の採取】 ・流体、土壌、岩石等のサンプル採取を踏査により実施。 ・期間は数日程度。	・踏査により調査が行われ、新たに道路等を新築する必要がない。	・風致景観等への影響は小さい。	—
		測定器の設置	【仮設の工作物の新築】 【土地の形状変更】 ・測定器を設置し、地下の地熱資源量を探査。 ・一般的な物理探査 (MT法電磁探査や重力探査) に必要な敷地は測定器 1 箇所あたり面積 1m ² 程度、重力探査では土地の形状変更は行わない。MT法電磁探査では深さ 30cm 程度の穴を手作業にて掘削。また事後埋め戻しを実施。 ・その他の物理探査 (CSMT法電磁探査や反射法地震探査等) は、当該調査の規模または仕様によっては行為の内容が異なる。 ・期間は数日程度。	・MT法電磁探査については、以前は大型の測定器を運搬するために重機やヘリコプターが使用されることもあったが、近年では測定器が小型化し、人力による運搬が可能となったほか、改変面積も縮小された。	・重力探査やMT法電磁探査では風致景観等への影響は小さい。 ・その他の手法 (CSMT法電磁探査や反射法地震探査等) では、人工信号源機器やその方法、調査規模や仕様によっては風致景観等への影響が大きくなる場合がある。	・原状復旧による風致景観等への影響抑制の効果を検証することが必要である。 ・風致景観や生物多様性への影響、公園利用に対する支障が発生する可能性があるため、適切な仕様の検討とさらなる影響軽減技術の開発・投入が必要である。
	坑井調査	敷地の造成 道路の造成	【工作物の新築】 【車道の新築】 【木竹の伐採】 【河川等への影響】 【土地の形状変更】 ・面積 2,500m ² 程度の敷地を造成 (基地 1 箇所あたり)。(当該敷地に計画される坑井本数や、掘削長の差による機器の配置仕様等によって変化する)。 ・周辺道路までのアクセス道路を造成。 ・期間は 2~3 ヶ月程度。	・造成時に土砂流出防止の対策を講じるなど影響を軽減することが可能である。	・樹林の伐採や地形の変更を伴う造成が行われるため、風致景観等への影響が発生する。 ・開発規模や施工方法によっては影響が大きくなる場合がある。	・一定の広さの敷地や道路の造成を伴うこと、仮工作物ではあるが高さ 30~50m 程度の櫓や関連設備が建設されること、またその調査期間が半年間程度に及ぶことから、風致景観や生物多様性への影響、公園利用に対する支障が発生する可能性があるため、さらなる影響軽減技術の開発・投入が必要である。
	櫓の建設 掘削作業 淡水の使用	【仮設の工作物の新築】 【土石の採取】 【河川等への影響】 ・噴気試験が行われる試験井は一般的に高さ 50m 程度の櫓が必要。小口径の構造試験井や観測井の場合は一般的に高さ 30m 程度。(ただし作業効率や安全性確保の状況によって異なる) ・地下 1,000~3,000m 級の調査井を掘削。掘削時に淡水を使用 (貯水池の設置等にて対応)。 ・期間は 1 本あたり 4~6 ヶ月程度。 ※坑井名称の区分については欄外参照	・櫓の高さを低くするための技術が進展している。(口径が大きい場合、あるいは深くまで掘る場合には、大型の掘削リグが必要なため、高い櫓が使用される)。 ・鳥類の衝突防止のためのネット被覆や景観対策としての着色などの事例あり。	・高さ 30~50m 前後の櫓が設置されるため、風致景観への影響が大きい場合がある。 ・櫓の高さはそれぞれの地点での仕様等により異なるが、周辺の地形条件によっては低い櫓であっても影響が大きくなる場合があるほか、地質条件によっては掘削に長期間を要する。 ・通常は半年間程度であり、終了後は設備は撤去される。	・原状復旧のために埋め戻しが行われる場合には、風致景観等への影響は小さい。 ・掘削排水は還元井にて地下へ流下させるため、地表部の河川等への影響はない。	
	噴気試験の実施	—	・噴気試験により蒸気を大気開放。(噴気試験の際には、気水分離器で熱水と蒸気に分離し、必要に応じてサイレンサーを通して乾いた蒸気を大気へ放散させるとともに熱水は還元井にて地下へ還元) ・短期試験では数日、長期試験では 1~6 ヶ月程度。	・坑井の主弁から直接熱水混じりの蒸気を噴出させる「直上噴気」によって、騒音、周辺植生域への熱水飛散、樹木の着氷被害などが発生していたが、近年では気水分離器およびサイレンサーの設置によって、これら影響は大幅に軽減された。	・風致景観等への影響は小さいが、周辺の地形条件によっては影響が大きくなる場合がある。	

(注) 自然環境保全審議会の意見が出された昭和 54 年時点で課題とされていた事項を基に、現在稼働している発電所について環境への影響軽減技術を比較

地熱発電事業における行為と環境への影響及び国立・国定公園内の地熱開発に対する課題（2/6）

	自然環境へ影響を及ぼす行為の概要	自然公園法に関係する主な行為	行為の内容	環境への影響軽減技術の進展（注）	現状技術での環境への影響	国立・国定公園内の地熱開発に対する課題
建設工事の段階	施設建設工事（造成）（施設の建設）（緑化）	発電所本館（タービン建屋）の建設	【建築物の新築】 ・タービンや発電機などが収められる本館を建設。高さは概ね 20～25m前後、面積は 1,500～2,000m ² 程度。（小面積の上の岱で 800m ² 。）	・発電所本館の高さを抑制することが可能な上向き排気式タービンが採用されるようになった。現在の最新の技術（軸流排気式のタービン）では、高さをさらに低くすることが可能となってきている。 ・施設全体の半地下化は可能である。しかし非常にコストがかかるため、現時点で導入されていない。	・景観配慮や修景等の対策が講じられるが、大規模な構造物であることによりはたなく、風致景観等への影響は大きい場合がある。 ・半地下化は、風致景観への影響は小さくなるものの、造成工事に伴う地形変化が実施されるため、水理条件によっては浅層地下水などに対する影響は大きい場合がある。 ・周辺の地形条件によっては、半地下化されても風致景観への影響が大きい場合がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・景観配慮、修景等の対策を講じていても、以下の観点から、施設個々にまたは施設群としての存在によって、風致景観や生物多様性への影響、公園利用に対する支障が発生する可能性があるため、さらなる影響軽減技術の開発・投入が必要である。 ○発電所の敷地として大規模な樹林伐採や造成を伴うこと。 ○タービン建屋や冷却塔、原水タンク、気水分離器など各施設は現状技術においてもなお大型の工作物であること。 ○タービン建屋の周囲に一定の離隔距離をもって複数の坑井基地が配置され、それらが配管や管理道路で結ばれること。 ○一定の間隔で送電鉄塔が建設されること。
		復水器の建設	【工作物の新築】 ・蒸気を凝縮し温水にするための復水器を建設。高さ 10m前後。	—	（発電所本館に設置されるため、風致景観等への影響は、発電所本館と一体的に発生）	
		冷却塔の建設	【建築物の新築】 ・温水を外気で冷やすための冷却塔を建設。高さ 15～20m前後、面積は 500～1,500m ² 程度。 ・多セル化（計 12）が実施された上の岱地熱発電所では、高さを 10mに抑制。面積も他の発電所（同程度の出力）と比べて小さく 642m ² 。	・多セル化により冷却塔の高さを 10mに抑制した事例あり。（同程度の出力の発電所に比べて高さはほぼ半分）	・多セル化は冷却塔の高さを低く抑え、且つ敷地面積も著しく増加するものではないため、風致景観への影響は軽減されている。 ・周辺の地形条件によっては、風致景観への影響が大きい場合がある。	
		原水タンクの建設	【工作物の新築】 ・定期点検時に必要な淡水をあらかじめ大量に蓄積しておくためのタンクを建設。高さ 10m前後。なお、原水タンクは、用水確保が困難な地点で必要に応じて建設される。	—	・大規模な構造物であり、周辺の地形条件によっては、風致景観等への影響は大きい場合がある。	
		脱硫装置の建設	【工作物の新築】 ・冷却塔から排出される硫化水素を除去するための施設が設置される場合がある。八丈島の事例では装置は直径 1.4m × 長さ 8mで、その他、倉庫等が必要。	・脱硫装置の設置によって、硫化水素を 99.99%除去することが可能となった。	・硫化水素の大気開放量については、技術的にほぼ 100%近く除去することが可能である。	
		坑口設備（蒸気井等）等の設置	【工作物の新築】 ・蒸気井（生産井や還元井）等の地表部に設置される坑口設備。高さ 5m程度。還元井では地表部にほとんど設備がない事例あり。	・傾斜掘削技術の進展により、坑口を集約して設置することが可能となり、坑井基地数を最小化。	・坑井基地の施設全体として、風致景観等への影響が発生する場合がある。 ・開発規模や地形条件、蒸気の開放頻度によっては、特に風致景観に対して著しい影響が発生する場合がある。	
		気水分離器の建設	【工作物の新築】 ・地下から上昇してきた高温蒸気を熱水と分離するために建設。高さ 10～15m前後で、各生産基地ごとに設置。			
		サイレンサーの建設	【工作物の新築】 ・蒸気生産時に発生する騒音を軽減するために建設。高さ 10～15m前後で、各生産基地ごとに設置。			
		配管の建設	【工作物の新築】 ・蒸気や熱水を輸送する配管（パイプライン）を建設。 （各発電所によって大きく異なるが、総延長は 2km～10km 程度、設置高さは 1～5m程度）	・配管や送電線の地下埋設は可能であるが、コスト面等で困難であり、現時点で導入されていない。 （アイスランドでは熱交換した淡水を地下埋設した配管にて輸送している実績や、送電線を地下埋設している実績あり。）	・配管や送電鉄塔の設置に伴う風致景観等への影響は大きい。配管については修景等の対策が可能である。 ・地下埋設は、風致景観への影響は小さくなるものの、造成工事に伴う地形変化が実施されるため、水理条件によっては、浅層地下水などに対する影響は大きい。	
		送電鉄塔の建設	【工作物の新築】 ・送電鉄塔を建設。（地形条件によって異なるが 20～60m程度。鉄塔の敷地は 1基あたり面積 200m ² 程度）			

（注）自然環境保全審議会の意見が出された昭和 54 年時点で課題とされていた事項を基に、現在稼働している発電所について環境への影響軽減技術を比較

地熱発電事業における行為と環境への影響及び国立・国定公園内の地熱開発に対する課題 (3/6)

	自然環境へ影響を及ぼす行為の概要	自然公園法に關係する主な行為	行為の内容	環境への影響軽減技術の進展 (注)	現状技術での環境への影響	国立・国定公園内の地熱開発に対する課題
建設工事の段階	施設建設工事(造成) (施設の建設) (緑化)	変圧送電設備の建設	【工作物の新築】 ・発電した電気を効率良く送電するための変圧送電設備を建設。高さ5m前後。	—	・風致景観等への影響は小さい。	(前ページ参照)
		調整池の建設	【工作物の新築】 ・敷地内の排水を徐々に放流するための施設。	—	・周辺河川等への影響を軽減するための施設であるが、造成工事に伴う地形変化が実施されるため、水理条件によっては浅層地下水などに対する影響は大きい場合がある。	
	道路の建設	【車道の新築】 ・道路建設の延長は立地条件によって大きく異なる。山間部の澄川で新設約110mおよび既設改良約5,500m、平地部の山川では既設改良約50m。(幅員約3~5m)	・造成時に土砂流出防止の対策を講じるなど影響を軽減することが可能である。 ・道路沿いに植栽を行うなどの対策が実施されている事例あり。	・開発の規模が大きく、地形の改変を伴う造成が行われるため、周辺河川等の水位や流量にも影響が発生し、風致景観等への影響は大きい。		
	敷地の造成	【河川等への影響】 【土地の形状変更】 ・各発電所施設等の建設のため、広大な敷地を造成。(敷地全体として、6万5000kW級の柳津西山：面積約25ha、5万kW級の澄川：約19ha、3万kW級の滝上や大霧等：約9~42ha、1~2万kW級の鬼首や大沼：約3~14ha、3000kW級の八丈島：約1ha)。	・造成時に土砂流出防止の対策を講じるなど影響を軽減することが可能である。 ・法面の早期緑化などが実施される。			
	樹木の伐採	【木竹の伐採】 ・上記のような大規模な敷地造成に伴い、既存樹木の伐採を実施。	・発電所の立地によっては、発電所建設時の樹木伐採に伴って新しく林縁部となった範囲において風衝被害が発生する場合があります。伐採域の周辺植生に影響が生じている事例もある。	・発電所の立地選定においては、周辺植生への風衝被害等の発生にも留意する必要がある。 ・建設工事の段階のみならず作業後も含めて、適切な緑地管理を継続していくことが必要である。		
	植栽	— ・緩衝帯や工事跡地の緑化を実施。	・高木や低木植栽では、周辺の在来植生を考慮した樹種を選定。 ・風致景観への配慮として、施設を遮蔽するように植栽が実施されている事例あり。	・植栽後の管理が不適切な場合、緑地が継続的に維持されず、風致景観等への影響が発生する可能性がある。 ・過去に着氷により枯死した植生の復元が確認されている事例がある。		

(注) 自然環境保全審議会の意見が出された昭和54年時点で課題とされていた事項を基に、現在稼働している発電所について環境への影響軽減技術を比較

地熱発電事業における行為と環境への影響及び国立・国定公園内の地熱開発に対する課題（4/6）

	自然環境へ影響を及ぼす行為の概要	自然公園法に關係する主な行為	行為の内容	環境への影響軽減技術の進展（注）	現状技術での環境への影響	国立・国定公園内の地熱開発に対する課題
建設工事の段階	坑井掘削工事	<p>櫓の建設 掘削作業 淡水の使用</p>	<p>【仮設の工作物の新築】 【土石の採取】 【河川等への影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 生産井や還元井の掘削には、一般的に高さ 50m 程度の櫓が必要。小口径の構造試錐井や観測井の場合は高さ 30m 程度。（ただし作業効率や安全性確保の状況によって異なる） 地下 1,000～3,000m級の坑井を掘削。掘削時に淡水を使用（貯水池の設置等にて対応）。 熱水が短期間で生産井に戻らないように、生産井と還元井の先端（坑底）を可能な限り離隔するように掘削。 期間は 1 本あたり 4～6 ヶ月程度。 	<ul style="list-style-type: none"> 櫓の高さを低くするための技術が進展している。（口径が大きい場合、あるいは深くまで掘る場合には、大型の掘削リグが必要なため、高い櫓が使用される。） 傾斜掘削（コントロール掘削）の技術が進展。特にMWD（Measurement While Drilling）という技術が普及し、目標に沿った坑跡の制御が可能となり、精度と効率が大幅に向上。これによって、再掘削の頻度も著しく低下した。 我が国の地熱傾斜掘削の最大偏距（水平距離）の実績として、偏距約 1,400m（掘削深度約 3,000m）の事例がある。 一般的に石油井掘削と比べて地層や貯留層圧力の条件が異なり、深度や偏距と比例してコストが増大するほか、傾斜掘削の延長が長くなると抑留等の掘削トラブルが発生する可能性が高くなることから、技術的な制約がある。 現時点では大偏距掘削は実施されていない。 掘削排水は還元井へ流下され、地表部には排出されない。 	<ul style="list-style-type: none"> 高さ 30～50m前後の櫓が設置されるため、風致景観への影響が大きい。 櫓の高さはそれぞれの地点での仕様等により異なるが、周辺の地形条件によっては低い櫓であっても影響が大きくなる場合があるほか、地質条件によっては掘削に長期間を要する。 傾斜掘削（コントロール掘削）は、地表の特定の地点から、地下の多方向の地熱貯留層に向けた掘削を可能とする技術である。このため、それぞれの地下貯留層の直上で行われる垂直掘削に対して坑井基地を集約することが可能であり、基地数の縮減、坑井基地トータルとしての敷地面積の縮減につながることも可能である。 また、基地数が縮減されることで発電所施設の最も外側を結ぶ範囲（発電所の広がり）を縮小することが可能となるほか、配管の総延長や道路延長の縮減につながることも可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> タービン建屋周辺から一定の離隔距離をもって周辺に分散・造成される坑井基地それぞれにおいて、複数本の坑井掘削や噴気試験が実施される。その際、仮工作物ではあるが高さ 30～50m程度の櫓や関連設備が建設され、その期間がそれぞれ半年間程度に及ぶことから、風致景観や生物多様性への影響、公園利用に対する支障が発生する。そのため、さらなる影響軽減技術の開発・投入が必要である。
		<p>噴気試験の実施</p>	<p>—</p>	<ul style="list-style-type: none"> 噴気試験により蒸気を大気開放。（噴気試験の際には、気水分離器で熱水と蒸気に分離し、サイレンサーを通して乾いた蒸気を大気へ放散させるとともに熱水は還元井にて地下へ還元） 短期試験では数日、長期試験では 1～6 ヶ月程度。 	<ul style="list-style-type: none"> 坑井の主弁から直接熱水混じりの蒸気を噴出させる「直上噴気」によって、騒音、周辺植生域への熱水飛散、樹木の着氷被害などが発生していたが、近年では気水分離器およびサイレンサーの設置によって、これら影響は大幅に軽減された。 	

（注）自然環境保全審議会の意見が出された昭和 54 年時点で課題とされていた事項を基に、現在稼働している発電所について環境への影響軽減技術を比較

地熱発電事業における行為と環境への影響及び国立・国定公園内の地熱開発に対する課題 (5/6)

	自然環境へ影響を及ぼす行為の概要	自然公園法に關係する主な行為	行為の内容	環境への影響軽減技術の進展 (注)	現状技術での環境への影響	国立・国定公園内の地熱開発に対する課題			
操業の段階	発電	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地下から汲み上げた地熱流体を気水分離器で蒸気と熱水に分離し、蒸気を配管でタービンへ導き、発電を行う。温排水が発生する場合あり。 ・ 蒸気を熱水に戻す過程において、水蒸気やそれに含まれる硫化水素等が、冷却塔（常時）や坑井基地（定期点検時等）から大気中へ開放される。気象条件によっては白い煙状の水蒸気が空高くまで上昇（特に冬季の気温低下時）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生産井の騒音は、サイレンサーにより影響軽減が図られている。 ・ 冷却塔の水流落下音については、パネル等により影響軽減されている事例あり。 ・ 蒸気の汲み上げに伴う微小地震の誘発や地獄現象等の衰退は、科学的に因果関係が証明された発生事例は過去になし。 ・ 着氷被害に対しては、乾式熱交換器の採用によるミスト量の減少や、排気スタックを高くすることによる遠方拡散によって、近年では被害が発生していない。 ・ 水蒸気の白化に対しては、乾式熱交換器の採用によるミスト量の減少によって、影響は軽減されている。 ・ 硫化水素の拡散については、脱硫装置の設置により軽減されている事例あり。 ・ 亜硫酸ガス（二酸化硫黄）は、システムによっては内部で燃焼し大気開放されない。 ・ 汲み上げられた地熱流体から分離された熱水は、全量が還元井により地下へ戻されるため、熱水中の砒素等が周辺の水域に排出されることはない。 ・ 温排水は調整池を経て大気温にまで低下させた後に周辺河川等へ排出。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電時の騒音における風致景観等への影響は小さい。 — ・ 着氷被害は抑制されており、影響は小さい。 ・ 蒸気流量や気象条件によっては空高く立ち上る場合がある。 ・ 近年では硫化水素や亜硫酸ガスによる周辺植生等への影響は確認されておらず、風致景観等への影響は小さい。 ・ 風致景観等への影響はない。 ・ 風致景観等への影響は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最新の影響軽減技術を用いて、周辺樹木への着氷や冷却塔からの水蒸気の白化、硫化水素の拡散などに対する適切な対策を講じることで、風致景観等への影響を抑制する必要がある。 		
	スケール付着の抑制	硫酸等の注入	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 硫酸等を還元井に注入して pH を調整し、シリカスケール付着を抑制。熱水成分や還元流量によって異なるが、実績値として 50~1,440 kg/日、24 時間連続注入される。 ・ スケールインヒビターを生産井に注入して、スケール付着を抑制。 ・ 高温にて還元することによりスケール付着を抑制。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ スケール付着を抑制する技術の進展により、スケール除去作業や新たな補充井掘削の頻度を低減。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 注入された硫酸は地下の岩石と反応し中和されるため、地下水系への影響は無いことがモニタリングによって確認されている。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 還元熱水の地中内部での詳細な動向や、スケール付着防止を目的として還元熱水に混入される場合のある硫酸の影響など、地下の環境に与える影響が詳細には未解明である。 	
	スケール除去	櫓の建設 掘削作業 淡水の使用	【仮設の工作物の新築】 【土石の採取】 【河川等への影響】	<ul style="list-style-type: none"> ・ 坑井内のスケールを物理的に削り、スケールを除去。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ スケール付着除去用の新技術として、状況に応じて、コイルドチュービング（高さ 10m 程度）やコンパクトリグ（櫓の高さ 20m 程度）が使用される場合がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 櫓が設置されるため、風致景観への影響が大きい場合がある。 ・ 櫓の高さはそれぞれの坑井地点での仕様等により異なるが、周辺の地形条件によっては低い櫓であっても影響が大きくなる場合がある。 			<ul style="list-style-type: none"> ・ 多くの既存の地熱発電所では、坑井へのスケール付着による減衰が発生しており、操業段階においてもスケール除去作業として一定規模の工事が継続的に実施され、風致景観や生物多様性への影響、公園利用への支障が発生するため、さらなる影響軽減技術の開発・投入が必要である。
	サイドトラック工事	櫓の建設 掘削作業 淡水の使用	【仮設の工作物の新築】 【土石の採取】 【河川等への影響】	<ul style="list-style-type: none"> ・ スケールにて閉塞した坑井の坑口部分を再利用し、一定の深さから別方向へ新たな坑井を掘削。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存の坑口部分を再利用することで、新たな坑井の掘削用地が不要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 櫓が設置されるため、風致景観への影響が大きい場合がある。 ・ 櫓の高さはそれぞれの坑井地点での仕様等により異なるが、周辺の地形条件によっては低い櫓であっても影響が大きくなる場合がある。 			

(注) 自然環境保全審議会の意見が出された昭和 54 年時点で課題とされていた事項を基に、現在稼働している発電所について環境への影響軽減技術を比較

地熱発電事業における行為と環境への影響及び国立・国定公園内の地熱開発に対する課題（6/6）

	自然環境へ影響を及ぼす行為の概要	自然公園法に関係する主な行為	行為の内容	環境への影響軽減技術の進展（注）	現状技術での環境への影響	国立・国定公園内の地熱開発に対する課題	
操業の段階	補充井の掘削	櫓の建設 掘削作業 淡水の使用	【仮設の工作物の新築】 【土石の採取】 【河川等への影響】	<ul style="list-style-type: none"> ほとんど減衰しない坑井が存在するものの、年間 20%程度の減衰が発生している発電所もみられ、定期的に補充井の掘削が必要となることが多い。 掘削時には一般的に高さ 50m 程度の櫓を建設。（ただし作業効率や安全性確保の状況によって異なる） 地下 1,000～3,000m級の坑井を掘削。掘削時に淡水を使用（貯水池や冷却排水等にて対応）。 期間は 1 本あたり 4～6 ヶ月程度。 	<ul style="list-style-type: none"> 櫓の高さを低くするための技術が進展している。（口径が大きい場合、あるいは深くまで掘る場合には、大型の掘削リグが必要なため、高い櫓が使用される。） 掘削排水は還元井へ流下され、地表部には排出されない。 	<ul style="list-style-type: none"> 高さ 30～50m前後の櫓が設置されるため、風致景観への影響が大きい場合がある。 櫓の高さはそれぞれの地点での仕様等により異なるが、周辺の地形条件によっては低い櫓であっても影響が大きくなる場合があるほか、地質条件によっては掘削に長期間を要する。 掘削排水は還元井にて地下へ流下させるため、地表部の河川等への影響はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 多くの既存の地熱発電所では、坑井の減衰により目標とする出力の維持又は回復のために追加の補充井の掘削が必要となっており、操業段階においても一定規模の補充井の掘削工事や坑井基地の新規造成が継続的に実施される場合があることから、風致景観や生物多様性への影響、公園利用への支障が増大するため、さらなる影響軽減技術の開発・投入が必要である。 特に、既開発エリアの外周を結んだ範囲よりも外側にて建設される場合には、影響がより大きくなるため、留意が必要である。
		噴気試験の実施	—	<ul style="list-style-type: none"> 噴気試験により蒸気を大気開放。（噴気試験の際には、気水分離器で熱水と蒸気に分離し、サイレンサーを通して乾いた蒸気を大気へ放散させるとともに熱水は還元井にて地下へ還元） 短期試験では数日、長期試験では 1～6 ヶ月程度。 	<ul style="list-style-type: none"> 坑井の主井から直接熱水混じりの蒸気を噴出させる「直上噴気」によって、騒音、周辺植生域への熱水飛散、樹木の着氷被害などが発生していたが、近年では気水分離器およびサイレンサーの設置によって、これら影響は大幅に軽減された。 	<ul style="list-style-type: none"> 風致景観等への影響は小さいが、周辺の地形条件によっては影響が大きくなる場合がある。 	
	新たな坑井基地の造成	樹林の伐採 敷地の造成 道路の建設 配管の建設	【仮設の工作物の新築】 【車道の新築】 【木竹の伐採】 【土石の採取】 【河川等への影響】 【土地の形状変更】	<ul style="list-style-type: none"> 面積 2,500m² 程度（基地 1 箇所あたり）あるいはそれ以上の面積の敷地を造成。 アクセス道路や配管を建設。 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の坑井基地内の坑口を活用したサイドトラック工事の実施やスケール対策技術の進展に伴い、坑井の運用期間の延長によって、新たな坑井基地を伴う補充井の掘削頻度は低減されている。 現在の貯留層管理の技術においても、出力の維持には不確定要素があり、操業後も新たな坑井基地が非定常に増大する可能性を有している。 	<ul style="list-style-type: none"> 新たな坑井基地が建設される場合は、樹林の伐開、敷地や道路の造成、配管の敷設などを伴い、風致景観等への影響が大きい。 特に、既開発エリアの外周を結んだ範囲よりも外側にて建設される場合には、風致景観上の影響がより大きくなる場合がある。 	
	廃坑	廃坑作業	【仮設の工作物の新築】	<ul style="list-style-type: none"> 高さ 9m程度の櫓の建設が必要となる場合があり、坑井内にセメント等を充填。 原状復旧の場合は、配管等を撤去後、客土や植栽を実施。 坑井基地として残置の場合は、配管等を撤去後、地表面をセメントにて被覆。 	<ul style="list-style-type: none"> 原状復旧の場合には、周辺植生に配慮した樹種の選定による植栽が実施された事例あり。 	<ul style="list-style-type: none"> 坑井基地として残置の場合は、原状復旧がなされずに地表部はセメント等にて被覆される。 注入されたセメント等は固化し、の地下水系への影響は小さいと考えられるが、影響の程度は明確になっていない。 	
	影響監視	各種モニタリングの実施	—	<ul style="list-style-type: none"> 環境保全対策の効果確認や影響監視のために大気環境の観測や水質分析などのモニタリングを実施。 	—	<ul style="list-style-type: none"> 既存の地熱発電所での大気や水質等に関するモニタリング結果は条例の基準等に対して、これまでに大きな問題となる結果は得られていない。 	
	維持管理	緑地の維持管理 施設の維持管理	—	<ul style="list-style-type: none"> 緑地の維持管理として、植栽木の剪定や下草刈り等を実施。 施設の維持管理として、発電所施設の保守点検の実施。 	—	<ul style="list-style-type: none"> 明確な緑化目的の設定と事後の適切な維持管理が実施されず、緑化の効果が十分に得られていない事例がある。 腐食の進行や設備の老朽化による発電所の景観の劣化が生じている事例がある。 	

（注）自然環境保全審議会の意見が出された昭和 54 年時点で課題とされていた事項を基に、現在稼働している発電所について環境への影響軽減技術を比較

<p>※坑井名称の区分について</p> <ul style="list-style-type: none"> ○調査井…地熱開発の調査段階において、地下の資源量評価を行うために掘削する坑井。構造試験井と試験井に細区分される。 <ul style="list-style-type: none"> ・構造試験井…地質サンプルの採取や地温勾配を把握するために掘削される小口径の坑井。通常は事後埋め戻される。 ・試験井…地質サンプルの採取等に加えて、噴気試験を行う坑井。一般的に大口径であり、事後、生産井等に転用される場合がある。 ○生産井…地下の貯留層から蒸気および熱水などのエネルギーを採取するための坑井。蒸気井とも言う。 ○還元井…利用後の熱水を地下に還元するための坑井。 ○観測井…地熱貯留層の状況、周辺の温泉や地下水位等を監視するための坑井。他の坑井から転用される場合あり。 ○補充井…所期の目的が達成されなくなった坑井の代替として新たに掘削される坑井。 <p>※補充井の掘削について</p> <p>操業当初の坑井数は、地熱資源量の評価と経済性の観点から決定されるが、操業後の減衰やトラブルなどで安定的な出力が得られない場合がある。このため地熱開発においては、操業後も櫓の必要な補充井の掘削作業が継続的に発生することが多い。</p>
--