

## 「温泉資源の保護に関するガイドライン更新(案)」に関する意見

2013年8月27日 第1回温泉資源保護ガイドライン検討会  
国際石油開発帝石(株) シニアコーディネーター 安達正敏

### 1. 地熱井の分類と構造

平成24年3月「温泉資源の保護に関するガイドライン(地熱発電関係)」において、地熱井を構造試錐井、観測井、試験井、生産井、還元井、補充井の6種類に分類している。

#### (1) 構造試錐井(こうぞうしすいせい)

地熱開発のために行われる地質・地熱構造解明を目的として掘削される坑井。

地質サンプルの採取や地温勾配の確認を目的とした掘削が該当する。一般に地下水や地熱流体の採取や湧出は意図せず、調査終了後埋め戻される(環境省, 2012)。

地熱地帯の地下構造および地熱の貯留状態を調査するために調査の初期段階において掘削する坑井である。したがって通常小口径のコア掘りで掘削し、噴出はさせない(江島, 1982)。

既存データの状況などにより、中口径や大口径で掘削する事も有る。

#### (2) 観測井(かんそくせい)

地熱貯留層の状況、周辺の温泉や地下水位等を監視することを目的として掘削される坑井。他の坑井から転用されることもある(環境省, 2012)。

地熱貯留層の圧力、温度及び水質等の状態やその変化を観測する目的で、開発地域の貯留層又はその延長上に掘削された坑井である。構造試錐井や試験井が観測井に転用される場合が多く、生産井の廃坑を観測井に利用する場合もある(日本産業技術振興協会, 1982)。

#### (3) 試験井(しけんせい) (調査井(ちょうさせい)ともいう)

地熱貯留層の資源量評価を確認することを目的として掘削される坑井。ここでは、構造試錐井で行われる調査内容に加えて、噴出試験を行う坑井とする。実際に地熱流体を噴出させ、水位や圧力のほか、温度、成分組成の測定を行う(環境省, 2012)。

構造試錐井の掘削結果の評価に基づいて掘削する坑井である。本坑井の掘削口径は、小口径から大口径まで種々あるが、いずれにせよ噴出させ噴出流体の圧力・蒸気量・熱水量および成分、ガス量および成分、ガス量及び成分等を調査して、地熱の賦存量とその性状を把握し、発電の可能性を調査する(江島,

1982)。

(4) 生産井 (せいさんせい)

地熱貯留層から地熱流体を採取するための坑井。蒸気井ともいう。採取された地熱流体は地熱発電所で発電に使用される (環境省, 2012)。

(5) 還元井 (かんげんせい)

地熱発電所において、生産井から採取された地熱流体を使用後地下に返送するための坑井。地熱流体による熱汚染防止、ひ素等の有害成分流出による環境汚染防止、地盤沈下防止、貯留層の圧力維持・涵養等を目的とする (環境省, 2012)。

調査井または生産井から蒸気とともに噴出する熱水を、地下へ還元するための坑井で、生産井用の還元井は大口徑で掘削する (江島, 1982)。

(6) 補充井 (ほじゅうせい)

本来の目的が達成できなくなった坑井に替わって、同じ目的で掘削される坑井。

注) 引用文献

江島康彦, 1982, 地熱開発総合ハンドブック (湯原浩三監修) 第 3 章掘削, p. 293.

日本産業技術振興協会, 1982, 新エネルギー技術用語集—地熱編— (馬場健三委員長).

## 2. 地熱井の構造（ケーシングプログラム）

地熱井を掘削する際には、掘削深度、目的に応じて掘削ビット径とケーシングプログラムの組み合わせを選択する。下の図1はその一例である。

高温・高圧に耐えられるよう、ケーシングには肉厚の油井管が用いられる点が、通常の温泉井と異なる。

ケーシングと地層の間隙はセメントで密閉され、地上への漏洩が防止される。

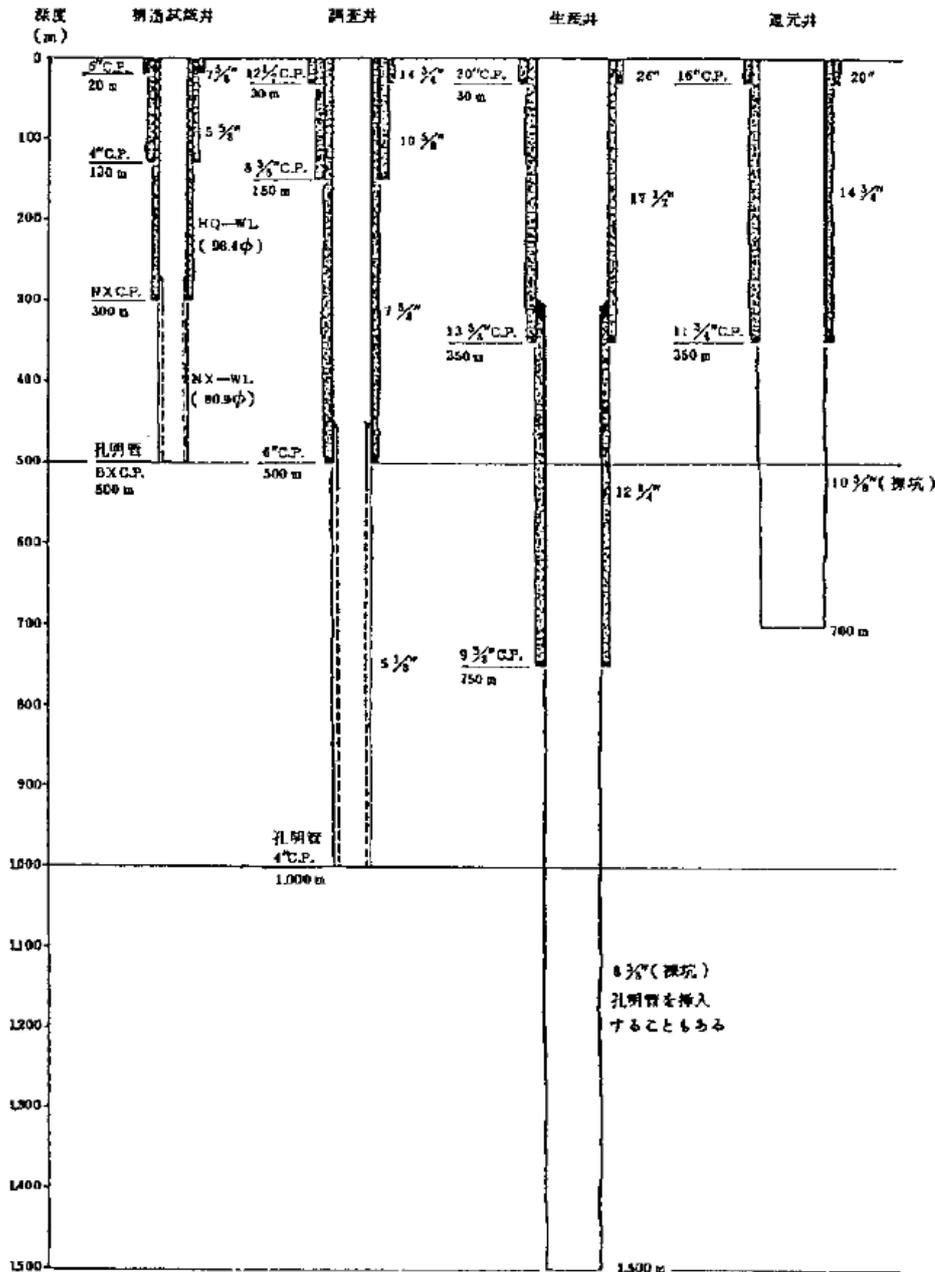


図-8 各種地熱井の坑井内図<sup>3)</sup>

図1 地熱井のケーシングプログラムの一例（出典：江島康彦，1982）

また、図 2 に生産井のケーシングプログラムの一例を示す。

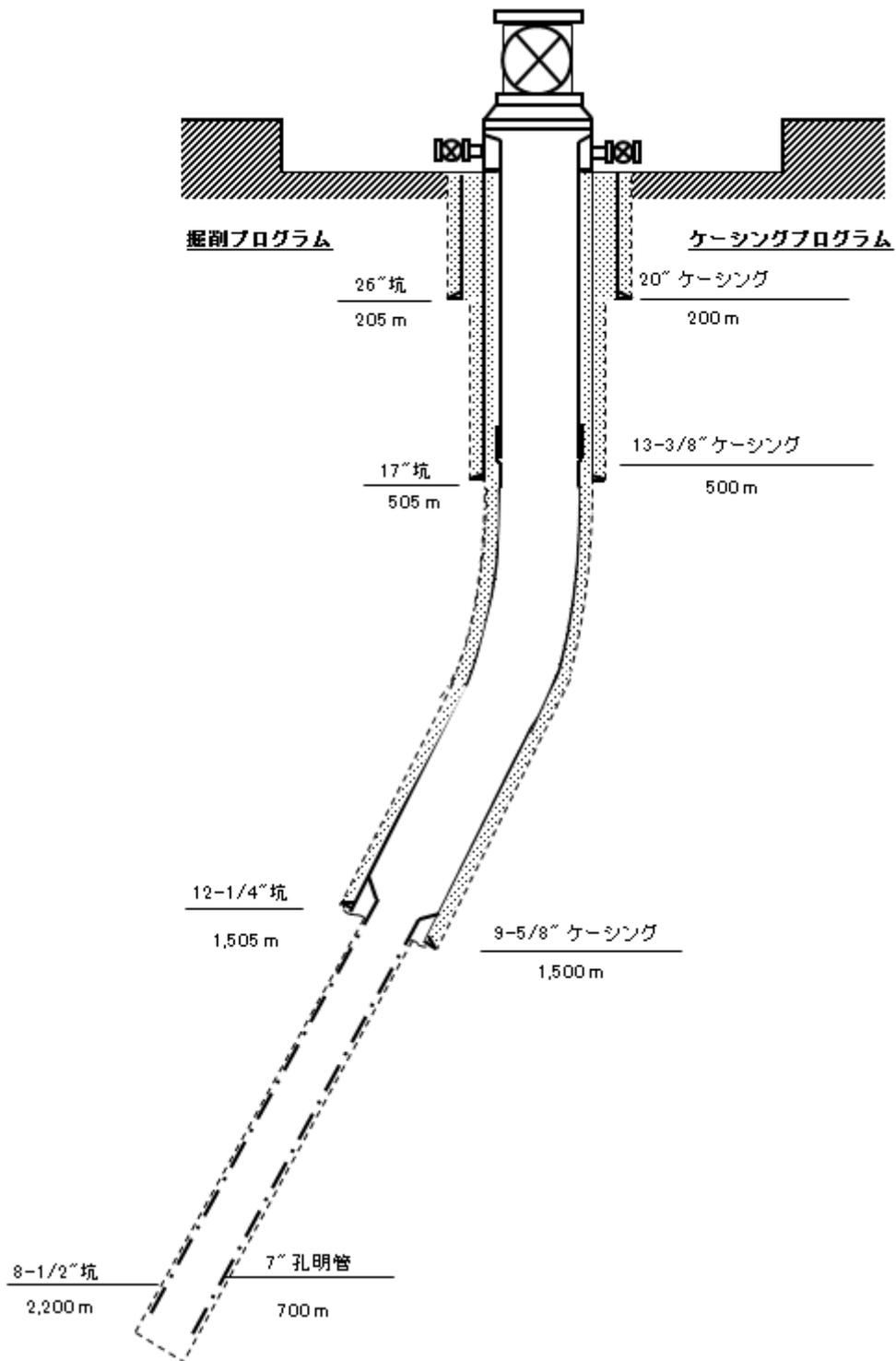


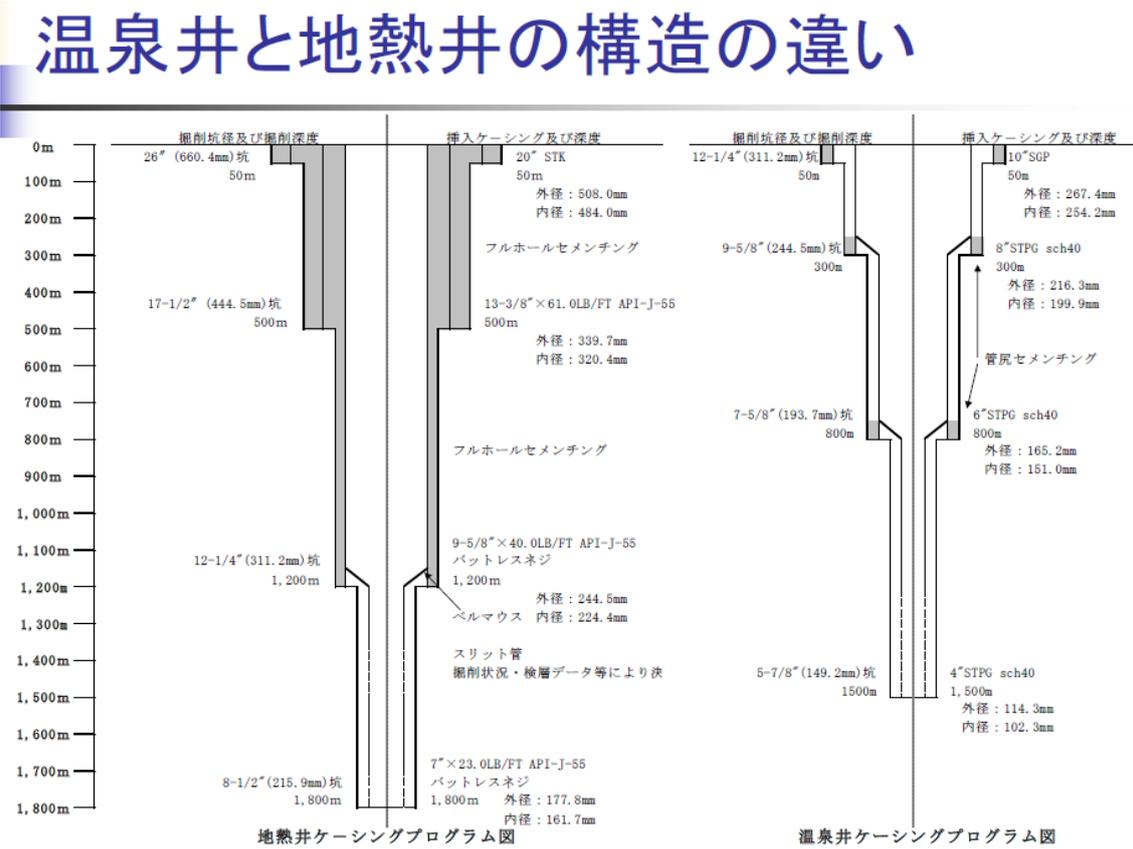
図 2 生産井のケーシングプログラムの一例

### 3. 温泉井と地熱井の相違

温泉井と地熱井の最も大きな相違は、安全性への配慮の違いであろう。

地熱井は高温・高圧・大流量の地熱流体の噴出を想定するので、地熱業界・学会の総意によって作成された自主的安全基準である新エネルギー財団（1986）「地熱井掘削自主保安基準」および、新エネルギー財団（2003）「地熱調査井の掘削標準・指針」に基づいて掘削され、坑井仕上げがなされる。

大深度掘削泉（温泉井）で全国ボーリング技術協会が推奨している温泉井のケーシングは圧力配管用炭素鋼管（STPG Sch40、6” で肉厚 14.2mm）であるが、通常の浅い温泉井の掘削では経済的な観点から肉薄のガス管（SGP、6” で肉厚 5mm）が使用されるケースが多く、掘削時の暴噴防止装置設置、仕上げ時の適格なケーシングと坑口バルブの設置といった安全性への配慮が望まれる。



一般社団法人 全国ボーリング技術協会

図3 温泉井と地熱井の構造の違い（出典：全国ボーリング技術協会）

#### 4. 地熱井掘削における問題点

鉱業活動における探鉱試錐や科学研究における試錐は温泉法の適用を受けないが、地熱井の場合、「温泉法第三条：温泉をゆう出させる目的で土地を掘削しようとする者・・・」に該当すると都道府県が判断した場合には温泉法の掘削許可を受けなければならないのが現状である。地熱井にも「温泉をゆう出させる目的」でない地熱井があるが、鉱業活動や科学研究との間に「法の下での平等性」が存在しないのは何故だろうか。それは、鉱業活動における探鉱試錐や科学研究における試錐が「温泉をゆう出させる目的」でないことが自明であるからであろう。であるならば、「温泉をゆう出させる目的」でないことが自明である地熱井の一部についても温泉法の第三条の適用を受けないと解釈すべきであろう。

前項で述べた通り、「構造試錐井」と「還元井」および「観測井」は「温泉をゆう出させる目的」を有しない。しかしながら、「構造試錐井」と「還元井」について掘削許可申請および周辺既存温泉事業者の同意書取り付けが行政指導された実態があり、これは、法の拡大解釈であろう。

「温泉をゆう出させる目的」の解釈として、「一滴でも温泉水を地上に取り出す場合」という解釈が環境省によって、最近、なされた、という伝聞を得た。しかし、温泉法第四条第一項は、「掘削が温泉の湧出量、温度又は成分に影響を及ぼすと認めるとき」を「除き、・・・許可しなければならない」としている。これは、「ゆう出させる目的」の行為によって実害が出ることを想定しているものであって、その根底には「一滴でも温泉水を地上に取り出す場合」という考えは無い。

「温泉をゆう出させる目的」に該当する「試験井」と「生産井」については掘削申請がなされ、温泉審議会で審議されることになるが、温泉帯水層と地熱貯留層が水理的繋がりを持たない場合には、短期間・少量噴出の仮噴気試験は本より、操業生産に於いても影響を与えない、という考えが科学的知見である。従って、温泉審議会に於ける審議に於いて、「掘削が温泉の湧出量、温度又は成分に影響を及ぼすと認めるとき」に該当する合理的・科学的な根拠が無い限り速やかに掘削を許可し、必要に応じて温泉モニタリングを義務付けることで温泉資源保護を担保することが妥当であると考え。尚、温泉モニタリングを地熱井掘削だけに義務付けるのは法の下での平等性に疑義があり、温泉井掘削に於いても温泉資源の枯渇を招くことの無いよう、温泉モニタリングが必要であると考え。

更に、現行の温泉審議会委員の構成には問題が有ると言わざるを得ない。一部で、地熱資源に詳しい専門家を委員またはオブザーバーに加える例が見られ

るが、未だ不十分である。特に、直接の利害関係者である上に、必ずしも学識経験や温泉の科学的管理に関する十分な知識を有しているとは思えない温泉事業者が委員に複数名選任されている温泉審議会が見受けられるが、委員の質とバランスを考慮すべきであろう。

また、温泉事業者の同意を必要とする法的根拠は無いので、個別の温泉事業者の同意取り付けを行政指導するのではなく、地域融和の意味で地元全体の理解を促す事が必要と考える。

## 5. 温泉発電と地熱発電の定義

温泉発電という述語は 2007 年頃に村岡洋文（現）弘前大学教授と大里和己地熱技術開発(株)取締役が初めて使い、流布した新しい造語である。

温泉発電と地熱発電とどこが違うのか整理してみたい。

### (1) 高温温泉地における地熱発電

温泉井には坑井口元で 100℃を超える沸騰状態で噴出するものが有り、浴用利用に当たっては、川水などに蒸気を吹き込んで得られる造成熱水として利用される。

この温泉井の蒸気をフラッシュ発電に利用したのが 1981 年運開の杉乃井ホテル（3,000kW、シングルフラッシュ）であり、その後、霧島国際ホテル（1984 年 100kW 認可、シングルフラッシュ）、岳の湯（1991 年 50kW 認可、ドライスチーム）、九重観光ホテル（2000 年 2,000kW 認可、シングルフラッシュ）と続くが、これらは地熱発電と呼ばれている。

### (2) 温泉発電

一方、温泉発電の第 1 号は平成 22～24 年度環境省委託事業として新潟県十日町市松之山温泉で実証試験が行われているカーリーナ方式のバイナリー発電である。これは、97℃の熱水を用いて 87kW の発電出力を得るものである（環境省、2012）。

また、固定価格買い取り制度が適用されて発電を開始している温泉発電は 2013 年 1 月に 60kW の試験発電を開始した別府温泉の瀬戸内自然エネルギーだけである。これは、浴用に給湯している 100℃、48t/h の熱水を利用してオーガニックランキンサイクル方式バイナリー発電を行っているものであり、130℃の蒸気も熱水の加熱に利用している（笹田仁、2012）。

### (3) 地熱発電と温泉発電の違い

地熱発電と温泉発電の諸元の比較表を下に示す。

瀬戸内自然エネルギーが温泉発電に利用している坑井の深度は不明であるが、130℃の蒸気を伴うとされることから推定すると、同じ別府温泉の杉乃井地熱発電所の生産井に類似しているものと考えられる。そうであるならば、両者の違いはフラッシュ発電かバイナリー発電かという違いだけであると考えられる。

しかし、大岳・大沼両地熱発電所のタービン入口温度は127℃であり、瀬戸内自然エネルギーの噴出蒸気の温度130℃はこれと同等であるので、流量が十分ならフラッシュ発電にも利用できると考えられる。

地熱発電と温泉発電の諸元比較表

	認可	タービン入口設計			坑口		生産井流量		坑底			出典		
		出力	温度	圧力	流量	温度	圧力	蒸気	熱水	深度	坑径		温度	
		kW	℃	MPaG	t/h	℃	MPaG	t/h	t/h	m	mm		℃	
地熱発電	大岳	12,500	127	0.15	135.0	126~145	0.14~0.32	91.0	419	379~1,200	219.1		日本地熱調査会, 2000 火力原子力発電技術協会, 2012	
	大沼	9,500	127	0.15	107.0	159~175	0.5~0.8	72.0	329	1,397~2,030	219.1			
	八丈島	3,300	187	0.69	26.3	210	1.82	25.0	9	960~1,650	215.9			
	杉乃井ホテル	1,900	142.9	0.29	40.0	120~134	0.1~0.2	15.5	0.4	150~240	101.6			
	九重観光ホテル	990	133	0.20	12.5	176~181	0.82~0.93	15.0	0.4	305~405		180		火力原子力発電技術協会, 2012 小池由明, 2003
	霧島国際ホテル	100	143	0.29	6.0	145~148	0.32~0.35	9.7	0.3	250~400	65			日本地熱調査会, 2000 火力原子力発電技術協会, 2012 大塚三郎, 1986, 2008
温泉発電	瀬戸内自然エネルギー	60	100			130			48				笹田仁, 2012	

また、世界の地熱発電設備の11%がバイナリー発電であり、1%がフラッシュ発電とバイナリー発電のコンバインド発電であり (Bertani, 2010)、発電方式によって温泉発電と地熱発電を区別することは出来ない。

以上見てきたように、温泉発電と地熱発電を画然と区別する科学的・技術的境界は無い。強いて温泉発電を定義するのであれば、「温泉発電とは、主として浴用利用されている既存の高温温泉の蒸気および/または熱水を、浴用に加えて発電にも利用するものを言い、既存温泉井の近傍で新たに掘削することも有り得るものであり、地熱発電の一形態である」、と定義できるのではないか。

## 6. 温泉発電の問題点

温泉発電は既存の温泉井を利用する手軽さから、乱開発に繋がり易い問題点を有する。高温の熱水から発電する技術は既存技術であるが、温泉井の維持・管理、安全な掘削・仕上げには専門的技術を必要とし、安易な取り組みによって、温泉相互の干渉や発電効率の重大な悪化を生じることが有り得る。

以上