栃木県温泉保護開発協会報

平成２７年６月２２日　　第１４４号

発　行

栃木県温泉保護開発協会連合会

〒320－8051 栃木県宇都宮市塙田１－１－20（栃木県保健福祉部薬務課内）
TEL・FAX　028－622－6017

平成２６年度　第５１回温泉講習会

☆日時　：　平成２７年２月６日（金）　☆場所　：　栃木県庁研修館４Ｆ講堂

第５１回栃木県温泉講習会　講演

温泉保護とモニタリングについて

公益財団法人中央温泉研究所　大塚　晃弘氏

温泉のモニタリングは、近年環境分野で重要視されています。モニタリングとは状態を把握するために監視観察することです。皆さんが日々健康管理のために、ご自身の体重や血圧等を測っているかと思いますが、温泉に関しても同様です。また、温泉の湧出状態はずっと一定なのではないかと思われている方もいらっしゃるかもしれないのですが、多くの源泉は変動しています。また、人間と同じように老化していくという現象もあります。温泉の浴槽管理に関しては、皆さんお客様が入られるということで丁寧にしっかり管理されていますが、源泉の管理については不十分ではないかといった所も近年専門家からも指摘されているところです。

温泉モニタリングの目的は、資源保護や品質管理の観点から普段からの変動を把握し、計画的に利用する為です。継続的に温泉をモニタリングしデータを蓄積することで始めて温泉の特性や湧出状況が把握でき、その後に特異な変化が生じたときの判断および早急な対応が可能になります。

他に、周辺での開発による影響については私どもにもよくご相談をいただきます。これは新たな温泉掘削のみならず、地下水開発、トンネル掘削、ダムや地熱発電建設などから受ける影響についてなど様々ですが、普段からモニタリングを行っているかどうかで、影響の有無を判断できるかどうか状況が変わってきます。ですから皆様も温泉の湧出の仕組み、ご自身の温泉の状態を十分理解して取り組んで頂く必要があると考えています。

温泉とはおおきな水循環の中で川のように轟々と流れているわけではないですが、地中をゆっくり循環して流動して常に変動しています。大部分の温泉水は降水を起源としますが、一部には地層の中に閉じ込められた化石水や海水からなる温泉もあります。また、河川の近くであれば河川水位、海の近くであれば潮汐により常時変動することもあり、地下水等、地域の他の水文環境も保全に重要であると考えています。このような温泉は誰のものということでよく議論になりますが、温泉の湧出口は土地の所有権ではありますが、一方で地下を広く流動している温泉は地域共有の資源であると考えることもできます。

温泉のモニタリングにおける測定項目についてですが、重要なのは温度と湧出量です。それから、ポンプでくみ上げている場合は水位の測定が重要です。他には状況に応じて成分濃度（泉質）などもあげられますが、すべての項目が測定できなくても、その温泉にとって重要な項目だけでも計ることが大切です。

観測間隔については、毎日日報を付けていただくのが基本ですが、測定が困難な場合は、週に一度でも一カ月に一度でもとにかく定期的に継続して計ることが大切です。

基本的な測定道具

測定道具は、私どもいつも持ち歩いている基本的なものを紹介します。温度計はデジタル温度計が便利です。様々なセンサーがありますが、高温で危ない所では長めのセンサーで離れた所から計測しています。湧出量の測定容器は量に合わせて大小あり、目盛が打ってあるものを使用しています。普通の市販のバケツでも大丈夫ですので、精確な容器の量をしっかりと確認しておくということが大切です。ストップウォッチはスポーツ用品店で購入したものを使用しています。

湧出量の測定

なお、温度の測定は基本的に気温の影響を受けますので、なるべく源泉の近くで行うことが原則です。高温の温泉やガスが噴き出して危ない温泉ではゴム手袋でやけどをしないようにしていったん貯湯槽でガスを分離し整流した後に計測してください。測定口は安全な場所に設けて下さい。それから湧出量の測定はバケツで受けて満水までの時間を測るの容積法が簡単で精確です。容積法による測定では、容器の容量に 60 を掛けて満水になるまでの秒数で割れば、毎分当たりの湧出量に換算できます。

湧出量が多い場合にはノッチ箱による三角堰法を用いると越流水深を計測するだけなので測定は容易です。ただし、短所として少量になると測定誤差が大きく不向きであること、大きいので保管スペースをとってしまうことが挙げられます。

ノッチ箱による

流量計等の測定器を設置する場合の注意点としては、故障すると交換の必要があり、そのときに温泉が送れなくなってしまうので、バイパス路を設けることが大切です。温泉では普通の水道とは違い、スケールと言われる温泉沈殿物で覆われ配管口径が小さくなっていくことがあります。流量計は送湯管の中の流れの速さを測って管の断面積を掛けて量に換算していますので、そうすると大きな誤差を生むことになります。そのため、定期的なメンテナンスが重要になります。ガス等を多く含んでいる場合には計れないので貯湯槽でガス分離後の配管に流量計を取り付けることになります。

電気式流量計の種類は、超音波流量計や電磁流量計等が使われています。その他、フラッパー型など流れの抵抗によって目盛が変わり量に換算しているものもあり、単純な構造で、安いですが温泉の泉質に注意して選ぶ必要があります。一方で 30℃くらいの単純温泉では成分が薄いので十分だろうということで水道メーターを取り付けてある事例もあります。これはもう何年か問題なく動いています。成分が少なく温度が低いものであれば一般的な流量計も流用できるという例です。

電磁流量計

動力を利用している源泉の場合に温泉水位は温泉資源動向を把握するのに最も重要な項目といえます。揚湯泉の水位は常日頃把握しておかないと、一定量湧出していても見えない地下では水位が低下しているケースがあります。気付かないままある時ポンプで汲めなくなることもあり、水位の監視というのは非常に重要です。なお、測定にあたり水位計はいろいろなタイプがありますが、これも温泉の特性、井戸の構造に合わせて選定する必要があります。

浅い温泉井戸の場合は触針式のロープ式水位計があります。これは、先端の部分に電極が付いていて、水に触れると電気が流れて音が鳴る単純な構造です。なお、計測管という水位を測るための細いパイプを井戸の中にガイド管として入れていないと水中ポンプのケーブル等に絡んでしまうおそれがあります。

圧力式水位計は先端に圧力センサーが付いていまして、水位の変化に伴う圧力変化を検知するしくみです。水位だけでは無く温度計や伝導率計が取り付けられるものもあります。これも温泉の温度や水質をよく考えて選ばないと短期間で壊れることがあります。また、気泡式水位計は、温泉井戸の中にチューブを置いて空気を送るときのチューブの圧力を水位に変換しています。長所としては温泉の中にはチューブが入っているだけですので、温泉による機械への影響はほとんどなく、チューブも細いので源泉孔内にスペースを取りません。圧力式水位計は一回引き上げてセンサーを換える必要があるのですが、気泡式水位計の場合はチューブに問題なければ地上の機械だけ修理交換すればよいのでメンテナンスがしやすいと言えます。短所としては精度が高くないこと、コンプレッサーを使っているので作動音が発生すること、僅かですが空気を送っているため温泉を若干酸化させてしまうことが挙げられます。

自噴泉の水位を測る場合についてですが、自噴泉の水位は地上より上にお湯の水位面が存在するということになります。自噴泉はモニタリングのために水位計測の必要性はあまりなく、基本的に湧きだしている自噴量を測るということで温泉の資源動向は把握できます。自噴泉の水位を計る必要がある場合は、源泉の口元を密閉して圧力を測る、孔口を必要な高さまで立ち上げる等の確認方法が考えられます。

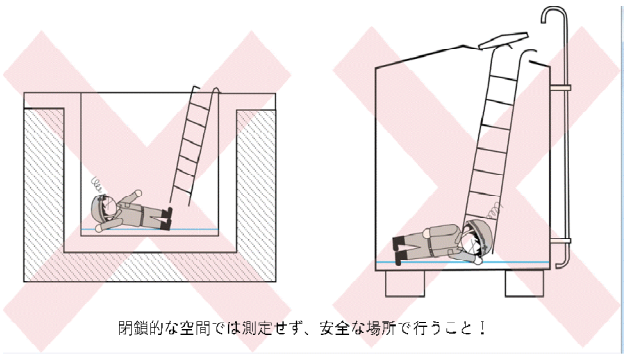
次に温泉の成分についてです。いわば泉質のモニタリングですが、温泉の実態把握においては重要なこともあります。10 年に１回定期分析が義務づけられてますが、モニタリング頻度として見るとこれは十分ではありません。かといって頻繁に全ての項目を分析する必要はなく、例えばメタケイ酸を含有することで温泉に該当している場合であって、その濃度が基準値を僅かに上回っているだけの温泉であればその成分だけでも毎年定期的に測って確認をすることなどが考えられます。ただし、炭酸ガスや硫化水素といったガス成分や沈殿する成分を測る場合については採取してからの時間と共に濃度が変わってしまうため、温泉水を汲むだけではなく現地での処理が必要になってきます。

温泉の成分が大きく変化した事例を示しますと、掘削当初は非常に成分濃度が高い温泉であったのが何年かしたらいきなり濃度が半分以下になってしまった事があります。元が十分濃いので薄くなっても温泉ですが、同時に温度も下がっているのは問題ということで、改修工事をして回復し戻った事例です。成分濃度の低下原因は硫化水素という腐食成分を多く含んでいて、源泉の構造物が破損し浅所から源泉に地下水が入り込んだことが原因です。ですから、温泉資源が劣化したというわけでなく、井戸が劣化したのが原因です。このようにいろいろな成分が入っている温泉というのは名湯と呼ばれますが、一方で管理においてはたいへん手間が掛かります。急に濃度が低下したり温度が下がったという場合は地下水の混入等が疑われます。浅いところから水が入っていると同時に細菌類等も混入しているおそれがありますので、そのような場合は検査により安全を確認するまで飲泉等は控えたほうがいいかと思います。

次に電気伝導度の測定ですが、これは溶液の濃度により電気の流れやすさ（電気伝導率）が変わることを利用したものです。センサーを溶液に入れるだけで簡単に計れます。注意点としては測定時の温度によって値が変わるという特性があるので、２５℃の値に換算する必要があります。

それから最近のネットワークを利用した自記観測の例として、周辺で開発工事があり温泉の湧出状況を関係者みんなで監視しようということで、源泉にセンサーを付けて送信しデータの情報共有を行ったことがあります。今はネットワーク回線を使ってリアルタイムでの情報共有が可能になっています。源泉での湧出状態のデータをネットワークを経由して事務所のパソコンで見られるようするなど、離れた場所で源泉の湧出状況を見るということも可能です。

温泉モニタリングを行う上で、心配なこととしては事故があります。一般的に知られているのは熱傷ですが、一番怖いのはガスです。これは、目に見えないものなので気付いた時にはもう倒れていて、助けに来た人も倒れてしまう、温泉の死亡事故では最も多いものです。温泉では硫化水素等の有毒ガスが空気より重く低所に高濃度で溜まりやすいため危険性が知られてい



温泉付随ガスの危険性

ますが、炭酸ガス等についても高濃度になると酸欠事故を引き起こします。

また、ご記憶にあるかと思いますが、渋谷で大きな爆発事故がありました。メタン等の可燃性天然ガスは硫化水素などと違って空気より軽いので拡散しやすいですが、閉鎖空間で充満し爆発事故を起こす危険が有り非常に危ないものです。このようなことから、測定にあたっては安全な場所に計測口を設けて測ること、ガスを含む温泉ではガスセンサー等で測って安全を確認しておくことが必要です。

温泉が入った槽内(タンク)での作業はガスが充満していることがあり、タンクを覗いた瞬間に倒れることがあるので、必ずセンサー等で安全を確認することが必要です。原則このような槽内では作業をしないことです。

また、昨年、栃木県内の新湯で火災があり、源泉で硫黄に火が付いたと聞いています。源泉近くの火器の取り扱いは注意が必要です。

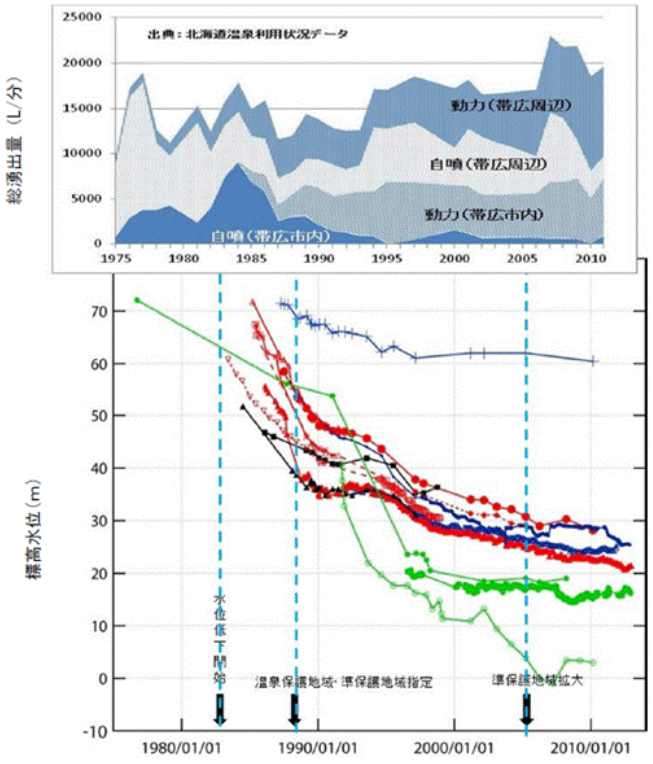
次に源泉構造物の診断についてです。例えば急に温度が落ちたとか量が減った場合、また周辺の温泉は正常なのに特定の源泉だけおかしいといった場合は源泉構造物の異常が疑われます。モニタリング結果だけでは原因が解らない場合には検層により源泉構造物の診断を行います。

孔内検層の項目ですが、よく使われるのは温度、電気伝導率、口径（キャリパー）検層などがあります。口径検層は源泉孔の内径を調べるものです。例えば温泉スケールの生成や物が落ちて孔が細くなっていないかを確認したり、崩れて孔が広がっていたりしないかを確認します。

温度検層の実施事例を挙げますと、自噴泉で深度１４０m の一番深いところは６３℃くらいでしたが、温度計を上げていくと ６０m と １００m くらいで急激に温度が下がるところが確認されました。このような場所では低温の水が入り込んでいるのではないかと推測できます。データを基に後からボアホールカメラを入れますと、ケーシングの継ぎ目が腐食し水が入ってくることが判明し、対策工事が行われました。

次にモニタリングの活用についてお話しします。日々の変化はモニタリングデータに表れ、メンテナンスの実施時期や方法の参考になります。ただ記録するのみでは意味がなく、活用してこそモニタリングは意味があります。普段からのモニタリングにより、温泉湧出状況における通常時の変動を把握しそこから逸脱した変化がないか判断を行い、変化があれば原因を調べます。最初は水位の低下から変化が現れ、湧出量が減りますが対応が遅れるとそこから温度が低下して成分が希薄化するなど現象が拡大していきます。過剰採取、資源量の衰退、源泉構造物のトラブルなど、様々な原因が考えられますのでモニタリング結果から原因を推定していきます。

次に温泉保護対策への活用事例を紹介します。これは北海道での温泉資源保護の取り組み事例です。帯広は １９８０ 年代前半のバブル期にたくさん温泉が掘られ、全体の自噴量がどんどん減っていきました。自噴しなくなると今度は動力をいれるわけですが、モニタリングにより地域全体で水位が急激におちているのが確認されました。そのため、道では １９８８ 年に温泉保護地域･準保護地域を設定しました。これにより水位低下速度はゆるやかになりました。しかし、モニタリングの結果、一部の源泉はまだ下がり続けているということで、２００５ 年に周辺地域も準保護地域に指定し更なる保護対策を行っています。

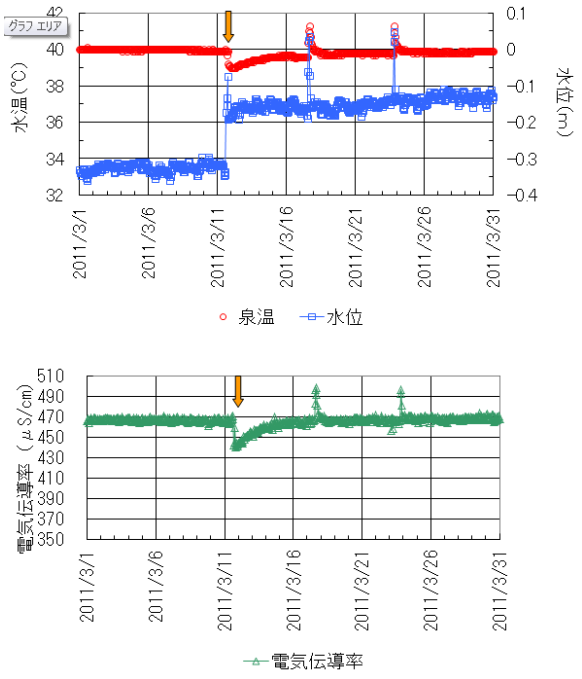


帯広市及び周辺地域の温泉水位と総採取量の経年変化

環境省：温泉資源の保護に関するガイドライン（改訂版）より

次に地震の影響確認事例です。東北地方太平洋沖地震による２０１１年３月のデータを示します。この源泉では近くの川水が差して温度が下がり水位が上がって薄くなっています。今回の地震は大きく広範囲変化が見られ１０００㎞程離れた源泉でも０.５mの水位上昇が確認されています。変化は様々で、同じ温泉地でも源泉により影響の現れ方が異なることがあります。

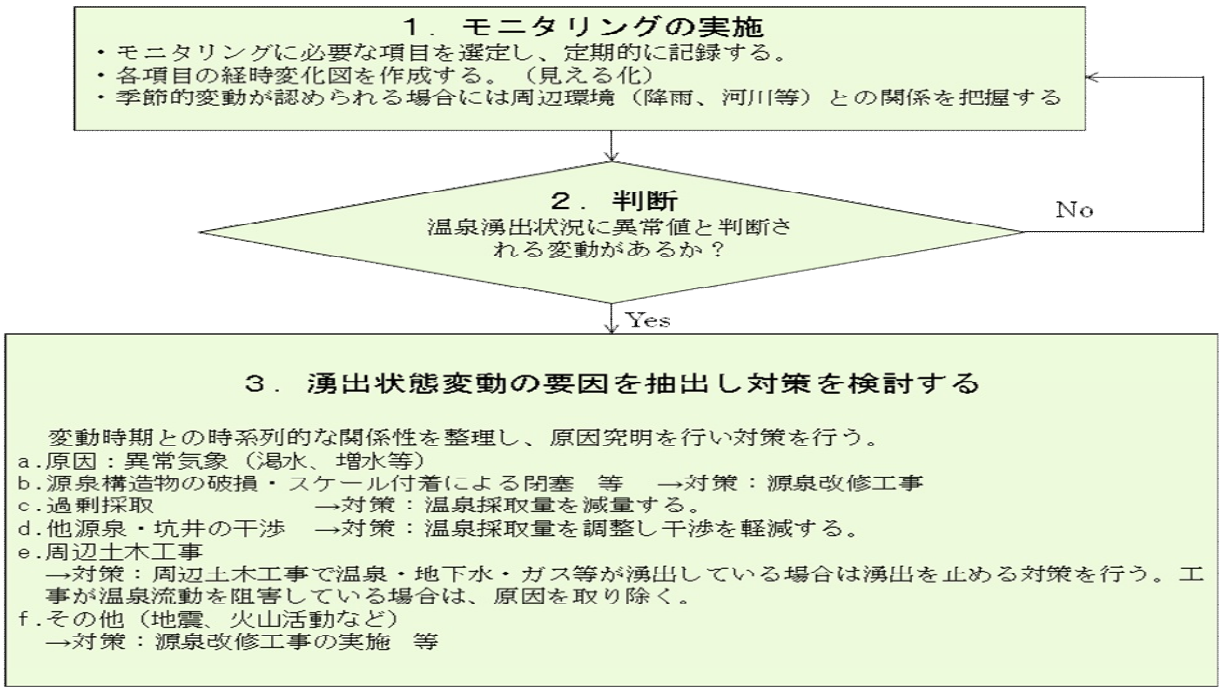
一方、源泉が環境へ影響を与えることもあります。例えば流出した温泉水が川や地下水を汚染することもあります。高温の温泉放流による河川水温の上昇、ヒ素等の有害物質を含む場合には川や土壌の環境を汚染することも考えられます。ガスが多ければ災害・事故も考えられます。環境影響が生じた場合は、モニタリングデータを参考に直ちに対策を実施する必要があります。



地震による変化例

データを蓄積して地域全体で温泉保護活動に活用することも重要です。そのためにはまず皆さんによる個々の源泉のモニタリング情報を共有して地域の温泉の特性を理解することです。現状の把握、温度や水位の調査、水質調査、源泉の湧出状況や降水や河川等の周りの水文環境を調べ、情報を皆で共有することによってはじめて地域の温泉がどういった状況にあるのか、温泉の収支バランスの分析が可能になり、問題がある場合は原因や対策を検討することができます。原因の判断を行うために情報が不十分であればさらなる調査が必要ですし、問題なければそのままモニタリングを継続し様子を見ることになります。

最後にまとめとして、温泉のモニタリングの継続的な実施はご自身の源泉と地域の温泉資源を守るために必要不可欠なものです。モニタリングの結果は原因の推定、対応策の検討に役立ちます。モニタリング実施にあたっては安全を確認し、ガスによる酸欠や火傷等の事故がないように注意して行ってください。温泉が将来の世代にわたって持続的に使えるよう、皆さんが積極的にモニタリングに取り組み、適切な運用がなされることが求められています。ご清聴ありがとうございました。



モニタリングによる源泉管理

講師プロフィール

大塚　晃弘

〈学歴・経歴〉平成８年３月　岡山大学大学院理学研究科修了　理学修士
平成８年４月　財団法人中央温泉研究所　入所　※第２部調査所属
〈委員歴〉　平成２４年～現在　埼玉県環境審議会委員・温泉部会委員
平成２５年　群馬県地熱発電に関する専門委員会委員
〈業務履歴〉　平成２１年　平成２１年度温泉資源の保護対策に関する調査検討業務(環境省)
平成２２年　平成２２年度温泉資源の保護対策に関する調査検討業務(環境省)
平成２３年　平成２３年度地熱発電施設における自然公園の風致景観上の支障並びに温泉資源・地下水に及ぼす影響の検討事業委託業務（環境省）
平成２４年　平成２４年度温泉資源の保護対策に関する調査委託業務
平成２５年　平成２５年度「温泉資源の保護に関するガイドライン更新(案)」作成委託業務
〈所属学会〉　日本温泉科学会
日本地熱学会

栃木県保健福祉部薬務課薬務課
TEL　028-623-3119
FAX　028-623-3121
栃木県温泉保護開発協会連合会
TEL/FAX　028-622-6017

平成２６年度　第１回　　栃木県環境審議会　温泉部会

温泉法第３２条の規定に基づく知事の諮問を受け、温泉のゆう出を目的とする土地の掘削等の許可申請について調査審議するため、平成２６年１０月３０日、平成２６ 年度第 １ 回栃木県環境審議会温泉部会が開催されました。

諮問された案件について部会で慎重に審議された結果、特に支障がないと認められたため、許可答申となりました。

区　　分	申　　請　　地　　点	申　　請　　者	審 議 結 果
掘　　削	宇都宮市インターパーク ４丁目２番５	(株)加山	許可答申
動力装置	那須塩原市折戸字墓沼道添 ２３１番１６０	(一社)那須塩原　四季の郷	許可答申

平成２６年度　第２回　　栃木県環境審議会　温泉部会

温泉法第３２条の規定に基づく知事の諮問を受け、温泉のゆう出を目的とする土地の掘削等の許可申請について調査審議するため、平成２７年２月１９日、平成２６年度第２回栃木県環境審議会温泉部会が開催されました。

諮問された案件について部会で慎重に審議された結果、特に支障がないと認められたため、許可答申となりました。

区　　分	申　　請　　地　　点	申　　請　　者	審 議 結 果
動力装置	真岡市下籠谷字十四石１５番	真岡市長	許可答申

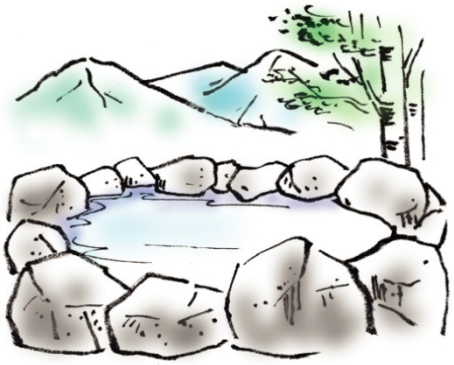
温泉関係全国ランキング（平成２６年３月３１日現在）

	源泉数					
	自噴		動力		計	
１位	大分県	969	大分県	3,442	大分県	4,411
２位	北海道	918	静岡県	2,125	鹿児島県	2,769
３位	鹿児島県	808	鹿児島県	1,961	静岡県	2,269
４位	長野県	408	北海道	1,307	北海道	2,225
５位	宮城県	388	熊本県	1,066	熊本県	1,372
６位	秋田県	331	青森県	788	青森県	1,084
７位	熊本県	306	長野県	577	長野県	985
８位	青森県	296	福島県	508	福島県	777
９位	栃木県	277	神奈川県	468	宮城県	742
１０位	福島県	269	福岡県	426	栃木県	631
枠外			栃木県（１１位）	354		

	湧出量					
	自噴		動力		計	
１位	大分県	117,555	大分県	167,998	大分県	285,553
２位	北海道	89,459	北海道	153,733	北海道	243,192
３位	鹿児島県	60,562	鹿児島県	126,262	鹿児島県	186,824
４位	岩手県	57,617	青森県	125,341	青森県	140,537
５位	長野県	45,116	熊本県	110,502	熊本県	135,730
６位	秋田県	38,892	静岡県	110,117	静岡県	123,009
７位	群馬県	27,174	長野県	73,742	長野県	118,858
８位	福島県	26,938	岐阜県	58,130	岩手県	107,977
９位	熊本県	25,228	福岡県	56,116	秋田県	88,770
１０位	栃木県	21,710	福島県	54,168	福島県	81,106
枠外			栃木県（１４位）	44,630	栃木県（１３位）	66,340

	宿泊施設数		宿泊利用人数		温泉を利用した公衆浴場数	
１位	静岡県	1,901	北海道	12,121,204	長野県	671
２位	長野県	1,267	静岡県	11,063,603	鹿児島県	553
３位	大分県	773	長野県	7,595,762	静岡県	481
４位	北海道	689	神奈川県	5,969,057	北海道	465
５位	群馬県	616	群馬県	5,600,904	大分県	372
６位	神奈川県	607	大分県	5,233,004	熊本県	335
７位	新潟県	567	三重県	5,059,798	青森県	288
８位	福島県	559	福島県	4,524,491	群馬県	286
９位	栃木県	426	栃木県	4,509,864	栃木県	224
１０位	熊本県	417	兵庫県	4,142,195	秋田県	221
枠外						

安全・安心・やすらぎを与える
栃木の温泉！！

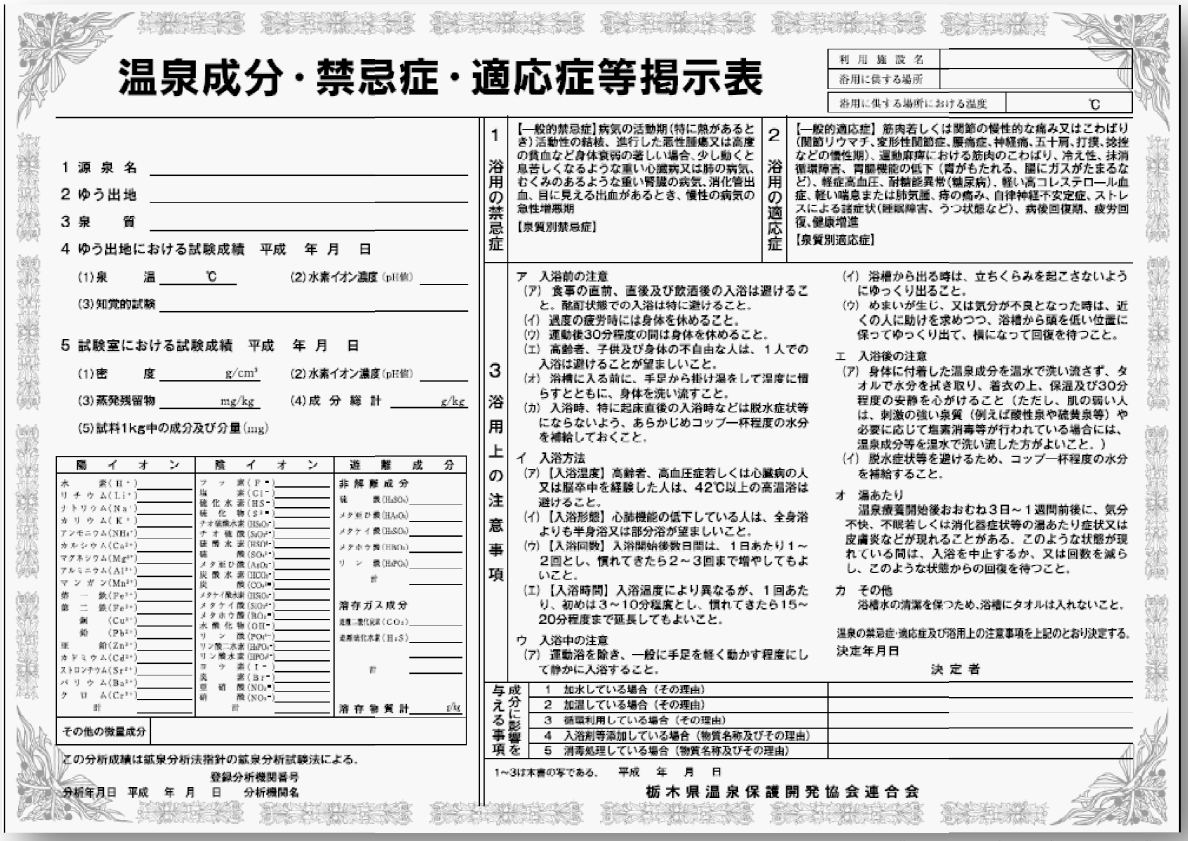


温泉成分、禁忌症、適応症及び利用上の注意事項　掲示表について

栃木県温泉保護開発協会連合会では、温泉法第１８条に基づく掲示表の作成･販売を行っております。ぜひ、ご利用いただきますようお願い申し上げます。

○温泉成分の定期的な分析（10 年ごと）と、その結果に基づく掲示内容の更新が義務付けられました。
○栃木県温泉保護開発協会連合会会員の登録分析機関

◇(一社)栃木県薬剤師会　　宇都宮市緑５－１－５　　TEL０２８－６５８－９８７９
◇平成理研(株)　　宇都宮市石井町２８５６番地３　　TEL０２８－６６０－１７００
◇(一財)栃木県環境技術協会　宇都宮市下岡本町２１４５－１３　TEL０２８－６７３－９０８０


温泉成分・禁忌症・適応症等掲示表

《通常版（Ａ２）見　本》

【 料金 】

掲示表種類	会員		非会員	
通常版（Ａ２）	フレーム有り	フレーム無し	フレーム有り	フレーム無し
	８，０００円	６，０００円	１６，０００円	１２，０００円
成分に影響を与える事項のみ（Ａ４）	フレーム有り	フレーム無し	フレーム有り	フレーム無し
	３，０００円	１，０００円	６，０００円	２，０００円

☆送料別☆

《お申込み･お問い合わせは事務局まで》