シンポジウム記録 地下水・湧水を介した陸—海のつながり

Ⅲ-3. 水利用とエネルギー利用のトレードオフ
～温泉水利用, 河川生態系などの側面を中心に～

山田 誠

総合地球環境学研究所

Ⅲ-3. Trade-off of the water use and the energy use
-Topic about relations with hot spring water use and
the river ecosystem-

MAKOTO YAMADA

*Research Institute for Humanity and Nature, Kitau, Kyoto
603-8047, Japan*

温泉水は、古来より浴用のみならず、飲用・熱利用など様々な形で人々に利用されている。温泉水は利用後、排水として下水処理されるはずであるが、下水が完備されていない地域や高温のため下水に流せない場合などはそのまま河川に排出される場合がある。世界でも有数の源泉数を誇る大分県別府市の場合、温泉排水が高温のため下水へ流すことができず、河川へ排水されるため、温泉由来の物質が河川へと流入し、そのまま沿岸域へ流出している。¹⁾ また、そこでは、熱帯性の魚類が多数生息していることが知られており、²⁾ それらは容易に目視で確認できるほどである。

一方、東日本大震災後、再生可能エネルギーの一つとして、温泉水の熱を利用した温泉熱発電が注目されている。温泉熱発電は、浴用には温度の高すぎる温泉水を浴用に適した温度まで冷却する過程で得られるエネルギーを電力へと変える、これまで無駄にしてきたエネルギーを利用できる発電方法であると言われている。別府市でも、温泉熱発電の導入が進んでおり、発電用として利用できるという用途の増加によって、温泉水の利用価値がこれまで以上に高くなってきている。

このように、一方では、利用後又は未利用の温泉水が他の水系へと流入し、それが水域の生態系に対して影響を与えており、また一方では、温泉水に対する需要が高まりつつあるという現状は、別府のみならず、様々な地域で温泉熱利用と周辺水域の生態系との間でトレードオフが生じる可能性があると言えよう。

Yamada *et al.*³⁾ は、別府市の温泉排水が流入する河川で魚類と温泉排水の関係について研究を行い、温泉排水が温度と食料の両面で、熱帯性の魚（ナイルティラピア）が生息するのに適した環境を作り出していることを明らかにした。これは、温泉利用が生態系の変化を引き

起こしている典型的な事例と考えられるが、この研究が行われた河川では漁業などの経済活動は行われておらず、生態系が変化することにより影響を被るステークホルダーが存在しないため、明確なコンフリクトは生じていない。しかし、温泉の利用が増大すると生態系に対する負荷が大きくなるという点では、温泉利用と河川生態系の間でトレードオフの関係が成り立っていると言える。

このようなトレードオフの関係を解消するには、少なくとも、ナイルティラピアにとって不適な河川温度環境を維持する必要がある。そのためには温泉排水の量と温度をコントロールする必要がある。現状把握のために現在の流入排水の平均温度を見積もると、平均温度が 35℃で 0.2 ton/s 程度の排水が流入していることがわかった。少なくとも、排水の平均温度をそれよりも低くするか、流入する量を減らさない限り、ナイルティラピアにとって不適な河川温度環境を形成することはできない。

温泉排水は、96℃程度のものや 60℃程度のものなど、様々な温度の排水で構成されている。高温の排水は、前述の温泉熱発電に利用できる可能性があり、30℃～40℃程度の低温のものでも、その温度帯でドジョウの養殖のような水産資源の育成への利用例があることなどから、エネルギーとしての利用が可能と考えられる。温泉排水の量を減らすことは経済活動を制限することにつながることから、容易ではないと思われるが、様々な段階で温泉熱を利用する、いわゆるカスケード利用をすることで熱エネルギーを消費し、流入する排水の温度を下げることは、実利につながるという面でも、非常に有用な手段であると考えられる。カスケード利用による温泉排水の温度コントロールは、温泉利用と生態系とのトレードオフを解消、もしくは低減することができる可能性を秘めていると考えている。

文 献

- 1) 酒井拓哉, 川野田実夫, 大沢信二, 馬渡秀夫, 山田 誠, 三島壮智. 別府地域の河川水質への温泉排水の影響評価. 大分県温泉調査研究会報告 2011; 62: 47-58.
- 2) 平松恒彦, 松尾敏生, 佐藤眞一. 別府地域における淡水の水生動物. 別府の自然: 別府市自然環境学術調査報告書, 別府. 1994; 323-344.
- 3) Yamada M, Shoji J, Ohsawa S, Mishima T, Hata M, Honda H, Fujii M, Taniguchi M. Hot spring drainage impact on fish communities around temperate estuaries in southwestern Japan. *J Hydrol.: Regional Studies* 2016; doi:10.1016/j.ejrh.2015.12.060