

【原著論文】

## 日本体育大学菅平野外実習場の伏流水と地下水の微生物調査

馬場進一郎<sup>1)</sup>, 中野 幹生<sup>2)</sup>, 堀尾 哲也<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 日本体育大学身体教育系

<sup>2)</sup> 日本体育大学体育学部体育学科卒業生

<sup>3)</sup> 日本体育大学基礎教養系

### Examination of bacterial microbiota of underground flowing water and well water at the Sugadaira Training Center of Nippon Sports Science University

BABA Shin-ichiro, NAKANO Mikio and HORIO Tetsuya

**Abstract:** We have to drink water to live along. In the present world, especially in Japan, most of people can access to the safe and certified city-water. However, when we conduct out-door activities such as camping, mountaineering, hiking and so on, the access to the city-water is rarely guaranteed during the activity. In these cases, we mostly rely on “natural” water resources namely spring water, river water and well water. The qualities of these water resources vary dramatically depending on the environment. The contaminations of microorganisms can be a good indicator for the quality of those natural water resources. While the microorganisms are integral components of natural environment, the presence of fecal indicator bacteria can be used to assess the contamination of animal fecal into the water. The composition of the microorganisms in natural water changes along with the changes of the surrounding natural environment, weather and distributions of animals including humans. Therefore, it is desirable to investigate the composition of the microorganisms periodically to assess the change of the quality of the supply water. We conducted bacterial contamination research on the spring water in Sugadaira training center of Nippon Sports Science University after more than 20 years’ interval. We also checked the bacterial contamination of the well water supplied in the facility. Our results indicated that, although the density of the bacterial contamination have not changed much over the years, composition of the bacterial flora of the spring water have changed. Some of the species were identified in both of pervious and present studies while others were identified in only one of the studies. The change of the composition of the flora could reflect the change of the natural environment surrounding the Sugadaira training center or global climate change. The bacterial contamination of the well water had maintained within acceptable level through the most of the time during this study. However, over-usage of the well water caused a sudden increase of the bacterial contamination.

**要旨:** 水は生命活動に必須である。現代、特に日本では、日常生活において安全な飲料水が手に入らない局面は非常に限られている。しかし、キャンプや登山、ハイキングなどの活動中に常に、安全な水道水を手に入れることができるとは限らない。水道水が手に入らない場合、「天然」の水源、湧き水や川の水、井戸水などを利用することを強いられる。これらの水源の水の安全性は、水源の置かれた環境によって大きく変化する。天然の水源から得られた水に混入する微生物は、その水源の質をよく反映していると考えられる。微生物は、生態系に広く分布し必要不可欠な機能を担っている一方、糞尿指標細菌はその水への動物の糞尿の混入を示す良い指標となる。自然環境中の水に含まれる微生物は、その水源が置かれた環境、気候変動、人間を含めた動物達の活動の変化の影響を受けて変わって行く。従って、野外活動の際の水源として利用する場合、その水の水質は、定期的に調査してその変化と安全性を確認することが望ましい。今回我々は、前回の調査から20年以上経過したことから、日本体育大学の菅平野外実習場の伏流水と井戸水の細菌叢の調査を再度行った。伏流水の細菌叢については、以前の調査と比較して単位体積あたりの菌数に大きな変化は見られなかったが、検出された菌の種類には多少の変化が見られた。伏流水に含まれる菌種の変化は、実習場を取り巻く自然環境の経年的な変化や地球環境の変化を反映している可能性がある。また、井戸水に混入する細菌については、調査期間中概ね水道水と

して許容される検出数の上限未満で推移したが、井戸水の使用状況によって細菌数が上限を超えるほどまでに変動することが明らかになった。

(Received: April 10, 2023 Accepted: August 1, 2023)

**Key words:** microbiota, drinking water, outdoor activity, bacteria

キーワード：野外活動、水源、細菌叢、キャンプ、菅平

## 1. 序 論

飲料水は人間が活動する上で必要不可欠な資源であり、特に野外活動中の安全な飲料水の確保は、その活動の円滑な実行に必須である。野外活動は、登山、ハイキング、キャンプ、オートキャンプ、グランピングなど多様化しているが、その基本は電気・ガス・上水道などの社会的なインフラから離れて活動することである。野外活動の際にアクセス可能な水源は、湧水や河川の水、井戸水など様々であるが、これらの水源はいわゆる‘水系’の感染症の原因微生物の温床でもある。‘水系’の感染症は、飲み水や生鮮食品に付着したものが経口的に伝播し上水道の普及が限定的であった1960年代までは、年間10万人の感染者を出すこともあった重要な感染症である(日本水道協会, 1993)。野外活動の際の水源の確保は、常にこの‘水系’の感染症原因微生物との遭遇のリスクを含んでおり、事前のサンプリング調査や適切な処理方法などにより、実際に口にするとこれらの微生物が含まれていない様にする必要がある。飲料水は食物とともに病原細菌類の直接的な感染源であることが知られている(Ford, 1999)。今も発展途上国では病気の多くは水系感染によるものであり、それ以外の地域でも新興の水系感染症に対する警戒を怠ることはできない(Nwachuku and Gerba, 2004)。WHO(World Health Organization)では健康に対する飲料水の水質基準を厳重に定めている(WHO, 飲料水水質ガイドライン, 2012)。飲料水に混入し得る病原微生物は、細菌、ウイルス、原虫など多岐にわたるが、近年の調査では、混入微生物の多くが細菌であったという報告もあり(Dziuban et al., 2006)、気候変動が飲料水への微生物混入に影響しているという報告もある(Brettar and Höfle, 2008)。混入細菌の数と種類を調査することにより、比較的正確にその水の質を評価することが可能であると考えられる。WHOの水質基準は一般細菌が1mlの検水で形成されるコロニー数が100以下であること、大腸菌については100mlの検水で検出されないことが条件である。大腸菌により厳しい基準が設けられている理由は、大腸菌の混入が人間及び動物の糞便が希釈されて混入していることを示しているとされ、飲料水にとっ

て最大の禁忌事項のひとつであるため、糞便の混入をより厳密に防止するためにより厳密な基準が設けられているのである。また、WHOは、水資源の枯渇などの生活環境の変化や新興感染症の増加などによる飲料水の新たなリスクについて警鐘を鳴らしている(WHO, 2003)。また、自然界の水源の水質は、人間の活動、野生動物や家畜の動態、気候の変動などにより常に変化しているため、定期的にサンプリングを行い、常に直近の水質についての情報を把握していることが望ましい。

今回の実験の目的は、1999年に小泉紀雄先生らによって行なわれた先行研究(小泉ほか, 1999)から22年経ち水源の水質に変化があったのかを微生物学的に調査することであり、調査を通じて改めて安全な飲料水の大切さを考える事を目的とした。伏流水の水質は、近隣の自然環境の変化や人間を含む動物の活動状況、気候変動の状況により変化すると考えられる。

日本体育大学において、キャンプ実習は4大実習の1つに位置付けられる重要な教育過程である。その実習場内で供給される水が飲料水としての水質基準を満たしているか、変化する実習場周辺の環境に伴い22年前の実験結果と比べてどう変化しているのかを確かめてみた。細菌の調査法は、基本的に前回の調査方法を踏襲し、この20年ほどの間の細菌叢の変化を比較することができるようにした。また、今回は、実習場内で井戸水を水源として一部の水場に供給を行っている水道水についても細菌学的な検討を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 被験菌採取と培養法

実験に使用した伏流水と井戸水の採取は2021年7月1日から7月10日まで、日本体育大学キャンプ実習期間中に本学菅平野外実習場で行った。伏流水と井戸水を滅菌した試験管(CORNING 50 ml)を用いて実習場内の取水場から採取した。試料採取時刻は6:00(期間中の平均気温18.3°C)と17:00(19.9°C)に設定した。前回の調査では、試料採取は7:00と14:00であったが(小泉ほか, 1999)、今回は、より等間隔に近い時間間隔での採取と実習業務との兼ね合いを勘案し、この時間での採取とした。

細菌の培養には細菌増殖用ハートインフュージョン寒天培地（日水製薬）を用いて行った。すなわち、被験水0.1 mlを寒天平板培地に滅菌ピペットで滴下しコンラージ棒によりハートインフュージョン寒天平板状に塗布した。その後、寒天培地を30°Cに設定したインキュベーター（サンブラテック P-BOX-TA）を用い好気条件で24時間培養した後、約1週間、室温に静置し培養した。寒天平板上に生じた菌コロニー数を算出しコロニー形態と色を基準に分類した。

## 2.2 分離培養と菌種の同定

ハートインフュージョン寒天培地上に得られたコロニーは、定法に従いその大きさ、色、形状を基準に分類してそれぞれのコロニー数をカウントした（賀来, 2000）。分類されたそれぞれの菌種について釣菌した後、新鮮培地に移し、30°Cで24～48時間純培養した後、グラム染色法により菌の形状とグラム染色性を光学顕微鏡（OLYMPUS CX41）で観察した。グラム染色による分類を元に、グラム陰性桿菌はバイオメリュー社のアピマニュアルキット ID32 アピを、グラム陽性桿菌はアピ 50CH を用いて菌種の鑑定を行った。

## 3. 結果

今回検出された菌の総数は、伏流水 827 個、井戸水 59 個であった。1回のサンプリングした水0.1 mlから形成されたコロニー数の平均は、伏流水約 41.4 個、井戸水約 3 個であった。伏流水0.1 mlあたり形成されたコロニーの数は、最少 12 個、最大 122 個で、各日の平

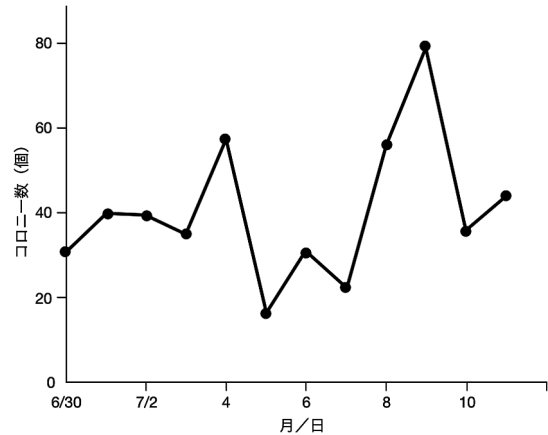


図1 調査期間中の湧水地から採取した水0.1 mlあたり形成されたコロニー数。初日（6月30日）は午後の採取時、最終日（7月11日）は午前の採取時のコロニー数を、それ以外の日は午前、午後に採取したそれぞれで形成されたコロニー数の平均値を使用した。

均値をとっても大きく変動した（図1）。

実習期間中の伏流水の水温は、約8°Cで採取時刻による変動の差異はほとんど見られず、期間中はほぼ一定であった。井戸水は汲み上げられた後、一旦地上のタンクに貯留された上で供給されており、その水温は10°Cから16°Cまで採取時の気温に応じた変動が観察された。必然的に採取日によっても変動が見られた。外気温は、15°Cから22°Cの範囲で観察期間中徐々に上昇していった。

形成されたコロニーは、その直径、形状および色により分類し、それぞれの種類の菌を分離培養しグラム

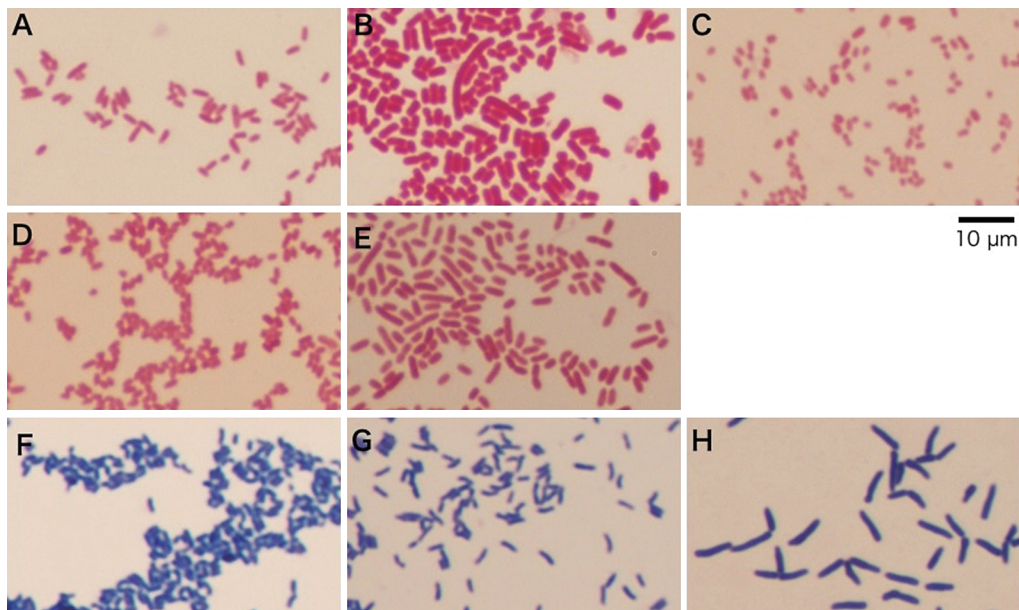


図2 分離された細菌のグラム染色像。A; *Pseudomonas putida*, B; *Rodentibacter pneumotropica*, C; *Serratia marcescens*, D; *Pantoea* spp., E; *Sphingomonas paucimobilis*, F; *Bacillus subtilis* / *amyloliquefaciens*, G; *Paenibacillus validus*, H; *Bacillus lentus*, 横棒は全面像共通で10 μm。

染色を行った(図2)。グラム染色の結果に基づいて細菌鑑定キットを選定し、それぞれの菌の菌種の同定を行った。表1, 2は、菅平野外実習場で実習期間中、10日間に採取した伏流水中と井戸水中からそれぞれ分離し同定されたすべての細菌を示している。検出された菌は、*Pseudomonas putida*, *Rodentibacter pneumotropica*, *Serratia marcescens*, *Pantoea spp.*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus validus*, *Bacillus lentus*であった。グラム陰性桿菌が5種類、グラム陽性桿菌が3種類である。

実習場内の井戸を水源とし浄水処理の上供給されている水から検出された菌の総数は少なかったが、伏流水中から検出された全ての菌種が少なくとも一度は検出された。

測定期間中に伏流水中に検出され、個数濃度の高かったものは*P. putida*, *R. pneumotropice*, *S. marcons*の三種であった。*P. putida*は、今回最も多く検出され形成されるコロニー数が実習期間後半にかけて増えていった。*R. pneumotropice*は、実習期間前半に多く検出

され徐々に検出数が減少した。*S. marcons*は、日ごとに検出数に増減はみられたが全期間中平均的に検出された(図3)。

観察期間中に井戸水を利用している簡易水道の貯水タンクが7月2日に枯渇した。枯渇する前の上水場水道からの検出数は平均1.6であったが、枯渇後は、枯渇直後の2回の摂取では、22個、13個のコロニーがそれぞれ検出された。検出コロニー数が10を超えたのは、初日の6月30日とこの2回のみであった(図4)。上水場水道からは、湧水地の水から検出された菌と同じ種類の菌が検出されたが、それぞれの菌の検出数には違いが見られ、上水場からは、*B. subtilis*, *P. validus*, *B. lentus*のグラム陽性桿菌が最も多く検出された。こ

表1 水源地から検出された細菌のまとめ

	総検出コロニー数	形成コロニーの最大値 (採取日時)	検出回数 (22回中)
グラム陰性桿菌			
<i>Pseudomonas putida</i>	254	50 (7月8日・午後)	21
<i>Rodentibacter pneumotropica</i>	220	41 (7月1日・午前)	19
<i>Serratia marcescens</i>	168	36 (7月9日・午後)	20
<i>Pantoea spp.</i>	109	17 (7月6日・午後)	19
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	32	12 (7月4日・午前)	10
グラム陽性桿菌			
<i>Bacillus subtilis</i> / <i>amyloliquefaciens</i>	53	13 (7月9日・午後)	13
<i>Paenibacillus validus</i>	33	4 (複数回)	14
<i>Bacillus lentus</i>	27	7 (複数回)	7
その他	6		5

表2 地下水を水源とする水道から検出された細菌のまとめ

	総検出コロニー数	形成コロニーの最大値 (採取日時)	検出回数 (22回中)
グラム陰性桿菌			
<i>Pseudomonas putida</i>	1	1 (7月6日・午前)	1
<i>Rodentibacter pneumotropica</i>	9	9 (7月4日・午前)	1
<i>Serratia marcescens</i>	7	3 (7月6日・午前)	4
<i>Pantoea spp.</i>	7	3 (7月6日・午前)	5
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1	1 (7月10日・午前)	1
グラム陽性桿菌			
<i>Bacillus subtilis</i> / <i>amyloliquefaciens</i>	19	12 (7月3日・午後)	5
<i>Paenibacillus validus</i>	13	10 (6月30日・午後)	3
<i>Bacillus lentus</i>	12	10 (7月3日・午後)	3
その他	0		0

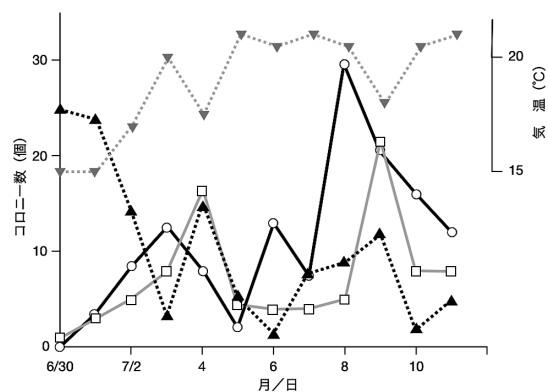


図3 調査期間中最も多く検出された菌3種、*Pseudomonas putida* (実線○), *Pasteurella pneumotropica* (灰色実線□) *Serratia marcescens* (点線▲)の湧水地から採取した水0.1 mlあたり形成されたコロニー数(左軸)。初日(6月30日)は午後の採取時、最終日(7月11日)は午前の採取時のコロニー数を、それ以外の日は午前、午後に採取したそれぞれで形成されたコロニー数の平均値を使用した。その期間の気温の各日の平均値(灰色点線▼、右軸)。

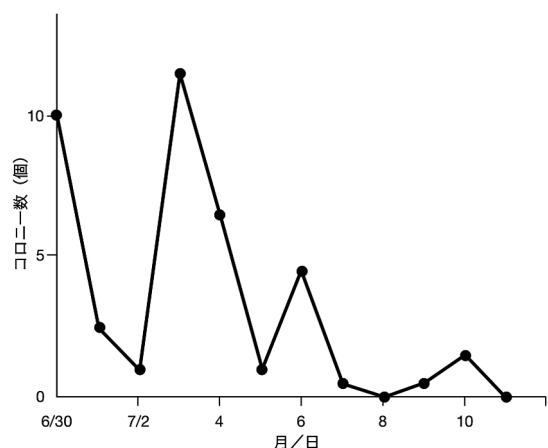


図4 調査期間中に井戸水が供給されている水場から採取した水0.1 mlあたり形成されたコロニー数。初日(6月30日)は午後の採取時、最終日(7月11日)は午前の採取時のコロニー数を、それ以外の日は午前、午後に採取したそれぞれで形成されたコロニー数の平均値を使用した。

これらのうち、*P. validus*は、観察初日に10個のコロニーが観察され、*B. subtilis*、*B. lentus*の二種は、水道のタンクが枯渇した直後の採取の際にそれぞれ12個、10個のコロニーが観察された。タンクが枯渇の翌朝の採取では、*R. pneumotropica*のコロニーが9個観察され、この菌種が井戸水のサンプルから検出されたのは、この際のみであった。

#### 4. 考 察

伏流水を水源とする湧水は、水量や水温が安定していることが多く、野外活動の際には、重要な水源として利用されることが多い。日本体育大学の菅平野外実習場内には、伏流水の湧水地があり、この地を舞台に展開されるキャンプ実習等の水源として利用することが可能である。菅平の地質学的な特性と伏流水の生成過程については、前報（小泉ほか、1999）に詳しいので、そちらを参照されたい。飲料水の安全性を判断する重要な指標として、混入微生物の多寡は有効な指標である。伏流水に混入する微生物は、その伏流水をとりまく環境によって変化すると考えられる。菅平高原の自然環境は、長期的には草原が森林に置き換わる森林化が進行している（井上ほか、2021）。このような自然界の推移に加えて、人間の行動は、環境に重要な影響を及ぼす。菅平高原を訪問する観光客の多くは、冬季のスキー、夏季のスポーツ合宿が目的である（新藤ほか、2003）。近年では、スキー人口の減少により、冬季のスキー観光客は減少傾向にあるが、夏季のスポーツ合宿関係の来訪者は、グラウンド増設の努力などにより増大している。これらの結果、菅平に来訪する観光客数は、バブル期に140万人超を記録し、近年もコンスタントに120万人程度を数えている（遠藤、2019）。22年前の今回の調査以降でも、1999年にサンアパーク菅平が完成し、陸上競技の合宿の誘致に成功している。また、ラグビー等が使用する夏季グラウンド数も1999年時点では80面超であったのが2017年には109面へと増大している（遠藤、2019）。またこの20年ほどで急速に進行しているとされる気候変動、温暖化も本州内では屈指の寒冷地である菅平高原の自然環境に影響を及ぼしていると考えられる。これらの要素を考えると、自然環境は時々刻々と変化していくものであり、伏流水への影響を定期的に調査し、その安全性を確認することが望ましい。

今回の調査では、*Pseudomonas putida*、*Rodentibacter pneumotropica*、*Serratia marcescens*、*Pantoea* spp.、*Sphingomonas paucimobilis*、*Bacillus subtilis*、*Paenibacillus validus*、*Bacillus lentus*の8種類が検出された。グラム陰性桿菌が5種類、グラム陽性桿菌が3種類である。前回の調査結果と比較すると全く同じ菌では無いが、そ

のほとんどが一般的に見られる土壤細菌であるという共通点が見られた。*S. paucimobilis*は、両調査で共通に検出された唯一の菌種である。*Sphingomonas*菌属は、比較的最近に*Pseudomonas*属から分枝された菌属で、多種多様な有機化合物を利用することができ、広く環境中に分布している菌である（落合、2011；Ryan and Adley, 2010）。日和見的に感染症を引き起こすことがある。*Pseudomonas*属の菌は、今回は*P. oryzihabitans*（前報では*Havimonas*属あつかい）と*P. fluorescens*が検出され、今回は*P. putida*が最も多数のコロニーを形成した菌として検出された。これら特に*P. fluorescens*と*P. putida*は近縁種であり、いずれも土壤水圏に一般的に生息している（Silby et al., 2011）。*Pseudomonas*属は、多種多様な菌種を含み近年分類の再編成が進行している（古川、2011）。我々は、まずコロニーのサイズ、形状、色から菌を分類し、グラム染色を実施し鑑定キットを用いて細菌種を同定する手順を踏んでいる。近縁種のコロニー形状は似通っているため、これらの*Pseudomonas*属の菌のコロニーを全て同一であると判定して算定した可能性は否定できない。似通った*Pseudomonas*属の菌のコロニーから今回は*P. oryzihabitans*と*P. fluorescens*を、今回は*P. putida*を菌種同定の試料として取り上げたのかもしれない。

*R. pneumotropica*（旧名*Pasteurella pneumotropica*）は、今回の調査で二番目に形成されたコロニー数が多い菌種であった。*R. pneumotropica*は、主にマウスやラットなどの齧歯目の動物が保菌している菌で、ヒトが感染して保菌することは一般的にはない（Benga et al., 2018）。環境中で長期間生存したり増殖したりする菌ではないため、実習場内で齧歯目の動物の活動が以前より活発化していることを反映している可能性がある。*S. marcescens*も広く環境中に棲息している菌で病原性は弱いとされているが、日和見的に肺炎などを引き起こすことが知られている（Hejazi, 1997）。*Pantoea*族は、腸内細菌科に属するが、植物共生菌、病原菌として検出されることが多い（Smits et al., 2019）ため、土壌、水中から検出されても不思議ではない菌である。近年の遺伝子解析により*Pantoea*族は、*Franconibacter helveticus*、*S. marcescens*、*Citrobacter freundii*等の菌と同じ祖先から派生した近縁の菌属であることが報告されている（Wang et al., 2017）。前回の調査では、グラム陽性桿菌は検出されなかったが今回は*Bacillus*族2種、*Paenibacillus*族1種が検出された。これらは環境中に普遍的に存在する菌であり、検出されること自体は不思議ではない。しかし、これらの菌は動物の腸管にも存在するため、家畜や野生動物のフンの混入が増加していることを示しているのかもしれない。

*Pseudomonas*属の菌を除くと、前回の調査で検出され

今回は検出されなかった菌種は、*Moraxella lacunata*, *Rahnella aquatilis*, *Sphingobacterium multivorum* の3種である。*M. lacunata* は、角膜炎の原因菌でありヒトや動物の体表に常在している。動物の体表常在菌である *M. lacunata* が今回は最も多く検出された菌種の一つであったにも関わらず今回は検出されなかったのは、実習場周辺の環境変化、例えば近隣の宅地化などによって実習場へ出入りする野生動物の種や数の変化などが理由として掲げられるかもしれない。*R. aquatilis* は、低温性大腸菌群細菌の一種で、低温を好み山岳土壌などから検出される（堀江ほか、1985）。*R. aquatilis* は、前報では検出件数の高い菌種の一つとして挙げられているが、今回の調査では検出されなかった。前報では、調査期間中の伏流水の水温は7°Cで期間中ほとんど変化しなかったと記載されているが、今回の調査では水温は8-9°Cであった。*R. aquatilis* の非検出は、調査時期間での実習場の環境変化を反映しているのかもしれない。*Sphingobacterium* 属は、*Sphingomonas* 属と同様にスフィンゴ脂質を合成する菌属で、両者ともに *Sphingobacteriaceae* 科に属する。両者間の分類は依然として進行中で、一部の菌種のこれらの属間での移動も提案されている（White and Suttle, 2013）。*S. multivorum* は、前回の調査でもその検出頻度は低く、今回はたまたま検出されなかったか、あるいは、我々が *S. paucimobilis* と識別することができなかったのかもしれない。分類学は、DNAのゲノム解析法の発展に伴い多くの生物種でその見直しが進んでおり、細菌についても例外では無い（清水、2010）。年代を隔てて細菌叢を比較する際には、分類の変化についても注意をする必要がある。

厚生労働省の定める水道水質基準（<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html#01>）では、一般細菌は1mlの検水で形成されるコロニー数が100以下、大腸菌は検出されないこと、となっている。伏流水は、大腸菌こそ検出されなかったものの、総菌数は水質基準を大きく超えており（各採取サンプルの平均で376コロニー/ml）、このままでは飲用に適さない。飲用に供するには、適切な浄化処理が必要であると考える。

今回は、井戸水の調査も行った結果、井戸水は貯水タンクが枯渇するほど使用量が多くなると菌が観測されることが分かった。通常時と貯水タンク枯渇直後では、サンプルより形成されたコロニー数に有意な差（ $p < 0.001$ ）が観察された。これは、水量が低下すると貯水槽に沈殿している細菌が巻き上げられて混入するのではないかと考えられる。混入した菌の種類は、水源地の水中で見られたものと同様であったが、それぞれの菌種の出現頻度は水源地のそれと大きく異なっ

いた。井戸水では、*Bacillus* 族2種、*Paenibacillus* 族1種のグラム陽性桿菌が形成したコロニーの数が全コロニーの64%を占めた。これに対して、水源地より検出された菌のコロニー数ではグラム陰性桿菌が圧倒的多数（87%）を占めていた。今回の調査により、水源地周りの環境に存在する細菌の井戸水への混入は強く制限されており、主に混入しているのは環境変化に強い芽胞を形成する能力のあるグラム陽性桿菌であることが分かった。井戸水に含まれる一般細菌数は、ほとんどの標本で水道水質基準未満であったが、貯水槽枯渇直後のみで水質基準上限値をやや超えるコロニー数が検出された。井戸水については、毎年の実習期間の前に水質の物性的な検査が実施されており、実習開始時の井戸水の安全性には一定の担保が与えられている。本研究により、タンクの水の枯渇と検出菌数に連動が見られることがわかった。今後は、水質基準に適合する安全な飲料水を常に提供するためには、貯水槽の保守管理や給水量の上限の管理を徹底し、水質の急変が起らない対策を講じるべきである。

## 5. 謝 辞

本研究は、前回1999年の調査をベースに野外実習場エリアの環境の経時変化を中心に調べたものである。前回の調査を主導し研究の先鞭をつけられた、故・小泉紀雄名誉教授に感謝し、故人のご冥福を祈ります。

## 文 献

- Benga, L., Sager, M. and Christensen, H. (2018) From the [*Pasteurella*] *pneumotropica* complex to *Rodentibacter* spp.: an update on [*Pasteurella*] *pneumotropica*. *Vet. Microbiol.*, 217: 121-134.
- Brettar, I. and Höfe, M. G. (2008) Molecular assessment of bacterial pathogens - a contribution to drinking water safety. *Curr. Opin. in Biotech.*, 19: 274-280.
- Dziuban E. J., Liang, J. L., Craun, G. F., Hill, V., Yu, P. A., Painter, J., Moore, M. R., Calderon, R. L., Roy, S. L. and Beach, M. J. (2006) Surveillance for Waterborne Disease and Outbreaks Associated with Recreational Water — United States, 2003-2004. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 55: 1-16.
- 遠藤晃弘 (2019) レジャー・レクリエーション実習（冬季）長野県菅平高原を事例にスノーリゾート地域の活性化を考える。東海大学紀要観光学部, 10: 51-65.
- Ford, T. E. (1999) Microbiological Safety of Drinking Water: United States and Global Perspectives. *Environ. Health Persp.*, 107: Supplement 1, 191-206.
- 古川謙介 (2011) バイオよもやま話: *Pseudomonas* 物語 生物学, 89: 549-552.
- Hejazi, A. and Falkiner, F. R. *Serratia marcescens*. (1997) *J. Med. Microbiol.*, 46(11): 903-12.
- 堀江 進・柳田恭彦・佐伯和昭・平石 明・張 娟娟 (1985) 低温性大腸菌群細菌 *Rahnella aquatilis* の山岳

- 地土壌における分布 食品衛生学雑誌, 26(6): 573–578.
- 井上太貴・岡本 透・田中健太 (2021) 1722–2010年にわたる菅平高原の草原面積変遷の定性・定量分析：国立公園内の草原減少の実態. 保全生態学研究 (Japanese Journal of Conservation Ecology), <https://doi.org/10.18960/hozen.2041>
- 賀来満夫 (2000) 同定検査, 環境感染15: Supplement号, 72–77.
- 小泉紀雄・菅原 勲・高田良平・長船哲齊 (1999) 日本体育大学菅平野外実習場の伏流水の細菌叢 日本体育大学紀要, 29: 97–104.
- 日本水道協会編 (1993) 水道のあらまし 改訂版
- Nwachuku, N. and Gerba, C. P. (2004) Emerging waterborne pathogens: can we kill them all? Curr. Opin. in Biotech., 15: 175–180.
- 落合秋人 (2011) バイオメディア：スフィンゴモナスは優等生 生物工学, 89: 614.
- Ryan, M. P. and Adley, C. C. (2010) *Sphingomonas paucimobilis*: a persistent Gram-negative nosocomial infectious organism. J. Hosp. Infect., 75(3): 153–157.
- Silby M. W., Winstanley, C., Godfrey, S. A. C., Levy, S. B., Jackson, R. W. (2011). *Pseudomonas* genomes: diverse and adaptable. FEMS Microbiol. Rev., 35, 652–680.
- 清水 潮 (2010) ばい菌博士の食品衛生談義 (34) 食品微生物の分類の変革 アサマパートナーニュース, 139: 1–2.
- 新藤多恵子・内川 啓・山田 亨・呉羽正昭 (2003). 菅平高原における観光形態と土地利用の変容. 地域調査報告, 25: 19–45.
- Smits, T. H. M., Duffy, B., Blom, J., Ishimaru, C. A. and Stockwell, V. O. (2019) Pantocin A, a peptide-derived antibiotic involved in biological control by plant-associated *Pantoea* species. Arch. Microbiol., 201: 713–722.
- Wang, L., Wang, J. and Jing, C. (2017) Comparative Genomic Analysis Reveals Organization, Function and Evolution of *ars* Genes in *Pantoea* spp. Front. Microbiol., 8: Article 471.
- White, R. A. 3rd and Suttle, C. A. (2013) The Draft Genome Sequence of *Sphingomonas paucimobilis* Strain HER1398 (Proteobacteria), Host to the Giant PAU Phage, Indicates That It Is a Member of the Genus *Sphingobacterium* (Bacteroidetes). Genome Announc., 1(4): e00598-13.
- World Health Organization (WHO) (2003) Emerging Issues in Water and Infectious Disease. Geneva, Switzerland: WHO Press
- World Health Organization (WHO) (2012) 飲料水水質ガイドライン 第4版 (日本語版) 発行所 国立保健医療科学院, ISBN 978-4-903997-06-3

---

 <連絡先>

著者名：馬場進一郎

住 所：神奈川県横浜市青葉区鴨志田町 1221-1

所 属：日本体育大学身体教育系

E-mail アドレス：baba@nittai.ac.jp