

微生物で知る観光洞の環境への人的影響

Human impact on the cave environment as revealed by microorganisms

安藤 奏音 (Kanato ANDO 東京大学新領域創成科学研究科博士課程 千葉県在住)

1. 洞窟環境は微生物に関する発見の宝庫

アメリカのニューメキシコ州にあるレチュギア洞窟の奥部では2012年頃に、現存の抗生物質が効かない微生物が100種近く発見されました。メキシコのチワワ州北部にある鉱山洞窟では2009年頃に、地球上で知られているどの生物とも遺伝学的に異なる性質を持ち、鉄や硫黄を食べて生きる微生物が巨大な結晶の中から発見されました。

このように、近年は洞窟微生物に関連する驚きのニュースが報道されています。多くの人は訪れないような場所から未知の生物が発見されると、自分たちの世界が広さと深さを増してゆく喜びが感じられますね。

2. 観光客による洞窟環境への影響

洞窟環境では貧栄養的で絶妙なミネラルバランスの均衡が保たれており、そのような環境に適応した微生物やその他の生物などの生態系が築かれています。生態系の構成員には未発見のものも当然含まれています。

日本では20世紀初め頃から洞窟の観光開発が始まり、現在では121程度の洞窟で観光を楽しむことができます(地底旅団 ROVER 元老院, 2020)。探検技術がなくとも発達した二次生成物や地底湖を見鑑賞したり、夏は涼しく、冬は暖かい暗闇の中を歩いたりすることができる非日常的な体験が人気を集めています。しかし、洞窟観光は洞窟本来の生態系を改変させることが明らかになっています。例えば、洞内で人が多く訪れる場所ほど微生物種の多様性が低下します(Ikner et al., 2007)。観光客が洞内に持ち込む物質、例えば、ごみ、ほこり、髪の毛などが洞窟環境中に混入することによって、環境中の物質バランスが変化します。その結果、環境変化に適応できない微生物の種数や存在量が減少することもあります。

人間たちの知らないところで洞窟微生物生態系に大きな変化が起きている可能性は否定できません。

3. 洞窟環境の保護について

洞窟環境の保護は、洞窟性動物や洞窟微生物にとっては種構成や個体群の維持、人間にとっては自然資源を利用した経済活動、保養、自然体験学習の場の維持という意義を持っています。洞窟を含め、自然観光地において、人的影響による環境改変を問題視して対策を講じることは、近年世界的に広く共有されつつある価値観の一つです。

価値観とは可変的なもので、洞窟環境保護についての考え方も、時代によって、場所によって異なることが文献から読み取れます。例えば日本最古の観光洞の一つである秋芳洞では、洞窟が観光化される前に、洞窟は神

の住む場所とみなされ、一般人の立ち入りが禁止されていた時代があります。観光化を機に人間が立ち入るようになり、開洞式では洞口周辺で餅を食べたり相撲をしたりしたことが記録に残っています。いずれの行為も環境改変の原因となり得ます。その後、徐々に年間観光客数が増え、1975年には年間観光客数が史上最多である198万人に到達しました。ところが、観光洞部での景観変化が目立つようになり、洞窟環境保護意識が高まってきました。洞内の観光用設備は、技術発展に伴い、環境影響力のより小さいと考えられたものへ取り換えられたこともありました。

最近では、国内外の多くの観光洞で、人為的環境改変を少なくするための取り組みが実施されているようです。観光洞の管理者は洞窟環境を保護するためにゴミ拾いをしたり、観光路下にネットを張って定期的に清掃したり、フェンスを設置して立ち入り禁止エリアを作ったりしています。

これらの取り組みにより人的影響を減らし景観を保つ効果はある程度あります。しかし、人間の呼気の中や衣服の上にも人間および洞外環境由来の微生物がいます。滅菌済の完全防護服を着用すれば洞外由来の微生物を観光客が持ち込むことを防げますが、実際のところ、現実的な方法であるとは言えません。観光洞が営業される限りは、環境への人的影響は避けられないことでしょう。

4. 人的影響を検出する方法

洞窟環境保護活動の基本は、まず現状を正しく知ることにあります。

国内外の研究者によって築かれてきた知的財産を参照することで、活動のおおよその指針を得ることができることは、とてもありがたいことです。

しかし、過去の、あるいは他の洞窟での事例をもとに考案される環境保護対策は、必ずしも全てが現場で適用可能ではありません。洞窟はそれぞれに異なる環境条件、生態、利用する人間の価値観などを内包するためです。ですので、洞窟ごとに環境をモニタリングして、関わる人間たちの意識を調査して、データを参考にしつつ具体策を練る必要があります。

洞窟内で人的影響の及び得る範囲には、大気、土壌、水、生物などあらゆる分野が含まれています。そして、人的影響を検出する手法は各分野の一つだけではなく複数あります。さらには、手法が適用される状況設定は様々です。

人的影響評価研究では、例えば、環境の状態を過去と現在とで比較して時間的な考察をしたり、観光洞部と非観光洞部とで比較して空間的な考察をしたりすることができます。