

百畳敷洞窟における氷筍生成状況と洞内環境の関係 Relationship between ice stalagmite and cave environment at “Hyakujosiki cave” Otaki city, Hokkaido, Japan.

木富正裕 (北大探検部), 酒井史明 (大滝アウトドアアドベンチャーズ),
石川喜一 (大滝アウトドアアドベンチャーズ), 小玉菜月 (大滝アウトドアアドベンチャーズ),
石毛康介 (北大探検部), 熊谷ちひろ (北大探検部), 五十嵐侑樹 (北大探検部)
吉田侑平 (北大探検部), 徳井祐梨子 (北大探検部),

氷筍とは洞窟などで天井部から滴下した水滴が地上部で凝固し, 上方に伸びる柱状の氷と定義されている⁴⁾. 氷筍の利用は環境教育の教材¹⁾, 観光資源, スケートリンクの材料³⁾ など多岐にわたっていることから, その形成機構のさらなる理解は重要である. 氷筍の形成は気温と水滴の滴下間隔が影響を及ぼすことが屋内実験によって明らかにされている²⁾. 一方, 天然洞窟では同一空間内であっても氷筍の密度や大きさが場所や季節によって異なることがあるが, そのような違いを生み出すプロセスの要因に

ついて検討した例はほとんどない. そこで本研究では天然洞窟における氷筍形成メカニズムの解明を目的に検討を行った.

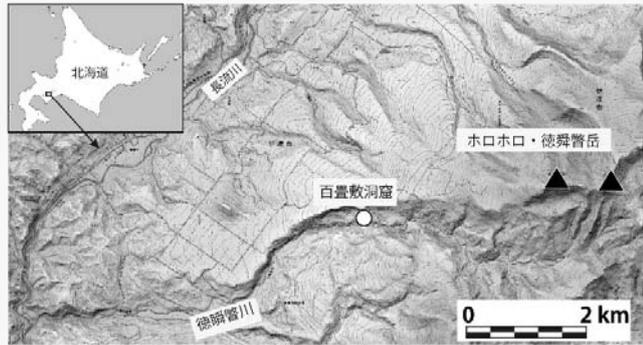


図 1 百畳敷洞窟の位置

この地図は, 国土地理院発行の 2.5 万分 1 地形図「徳舜瞥山」及び「蟠溪」を使用したものである.

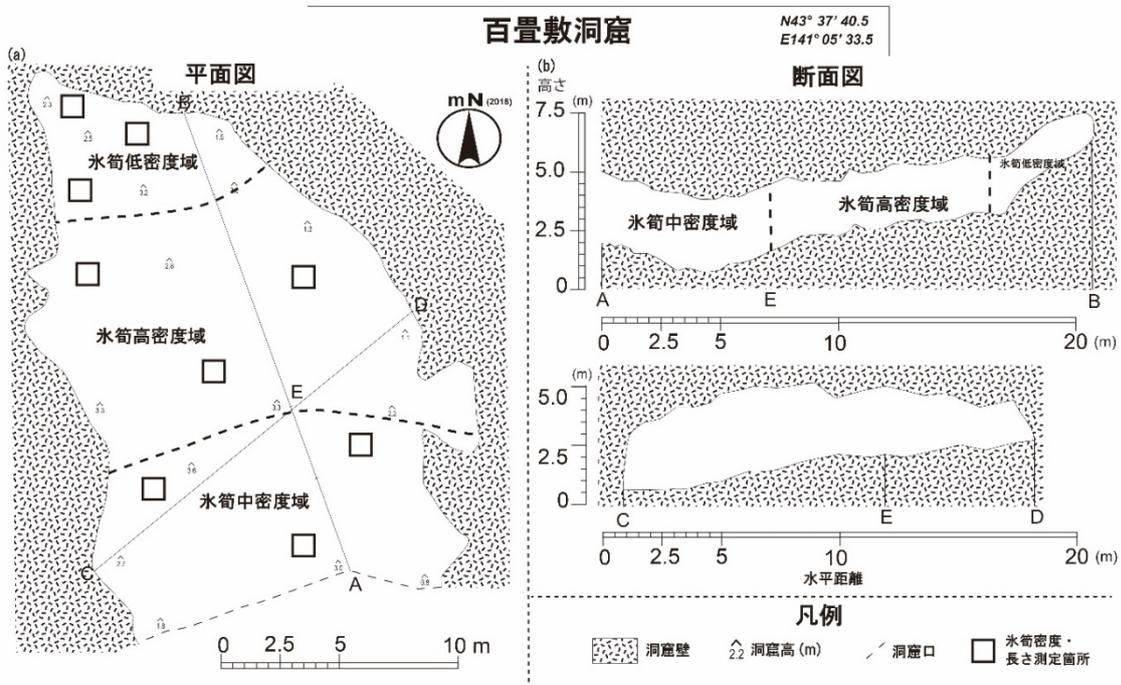


図 2 百畳式洞窟の測量図

2. 百畳敷洞窟の概要及び研究手法

調査は、北海道伊達市大滝区、徳瞬瞥川上流に位置する百畳敷洞窟において行った(図1)。百畳敷洞窟は新第三紀中新世の火山岩からなる長流川層に形成しており、厳冬期に氷筈が多数形成することで有名であり(図2a)、洞窟内部によって氷筈の発達程度が異なる様子が観察される。

百畳敷洞窟の測量はレーザー距離計とコンパス、デジタル傾斜計を使用し、イラストレーターを用いて製図を行った。洞窟内部の細かい形状は折尺や巻き尺を使用してイラストとして記録し、測量図に反映した。

洞窟内部を網羅するように9地点(1 m×1 m)のサンプリング地点を設定し(図2)、気温および水滴滴下間隔を測定した。気温測定は温度測定精度が±1℃のデジタル温度計を4つ用い、地上から20 cm, 80 cm, 140 cm, 200 cmの高さで同時に測定した。水滴滴下間隔は、各サンプリング地点における水滴滴下地点を目視で測定した。また、各サンプリング地点において、氷筈の密度と長さを測定した。また洞窟全体において氷筈の本数を、氷筈の頂点を計数の対象とし、目視によって計数した。全ての測定値について代表値には平均値を用いた。



図3 百畳式洞窟の写真。(a) 洞口 (b) 洞窟最奥部、氷筈低密度エリアの写真。(c) 洞口付近の氷筈中密度エリアの写真。(d) 洞窟中央部付近の氷筈高密度エリアの写真。

3. 結果および考察

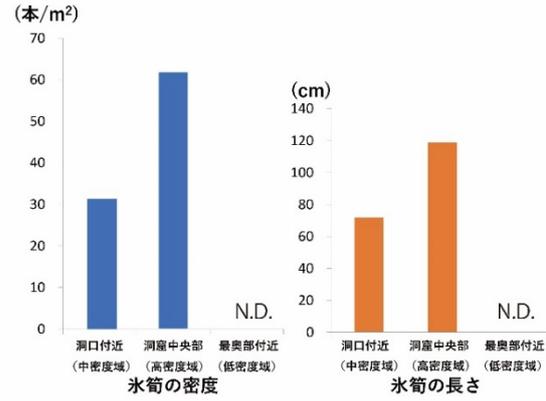
3-1. 洞窟測量

調査によって得た測量図を図2に示した。洞口から奥に向かっての垂直断面図(図2b)に見られるように、洞窟は「逆への字型」の構造を有しており、奥に向かって上方に傾斜して

いた。一般に洞窟は外部と比べて気温の年較差が小さいと言われおり、冬季には北海道の洞窟内の気温は外気温より高くなることが知られている。この「逆への字型」構造は、冬季において外気温より暖かな洞窟内部の空気が上方に溜り、外部に放出しにくい形状と考えられる。

3-2. 氷筈の密度分布及び長さ

洞窟内の氷筈は2314本確認された。これらの氷筈の形成密度や長さは洞口から最奥部にかけて違いが認められた(図3b, c, d)。すなわち、洞口付近は平均密度が30本/m²で平均長が70cm前後、中央部付近は平均密度が60本/m²で平均長が120cm前後、そして最奥部は氷筈がほとんど発達していなかった(図4)。これらの結果から、本研究では洞窟内部を氷筈の高密度域、中密度域、低密度域の3区分に分類した(図2)。



3-3. 洞内環境

密度区分ごとの各高さの気温および水滴落下間隔を図5に示した。洞窟の最奥部である低密度域ではすべての高さで気温は0℃以上だった。洞窟中央部の低密度域では地面から20cmおよび80cmの高さにおいて0℃以下であり、120cmおよび200cmの高さでは0℃以上だった。洞口付近である中密度域は洞窟外の気温とほぼ同様にすべての高さで0℃以下であった。この温度分布は、洞窟の断面構造によって影響を受けていると考えられる。上方に向かって傾斜している断面構造は、奥の部分に洞窟内の暖かい空気がたまりやすい形状といえる。一方、洞窟内より低温の外気は比重が大きいので、下方から侵入すると考えられる。

水滴は低密度域および高密度域においてはみられたが、洞口付近の中密度域では水滴はみられなかった。水滴が中密度域でみられなかったのは、中密度域が洞口付近であり、外気温に影響をより強く受けたためと考えられる。中密度域では天井付近が約-7℃と低温であり、天井部の水分が凝固し、水滴の滴下に至らなかったと考えられる。

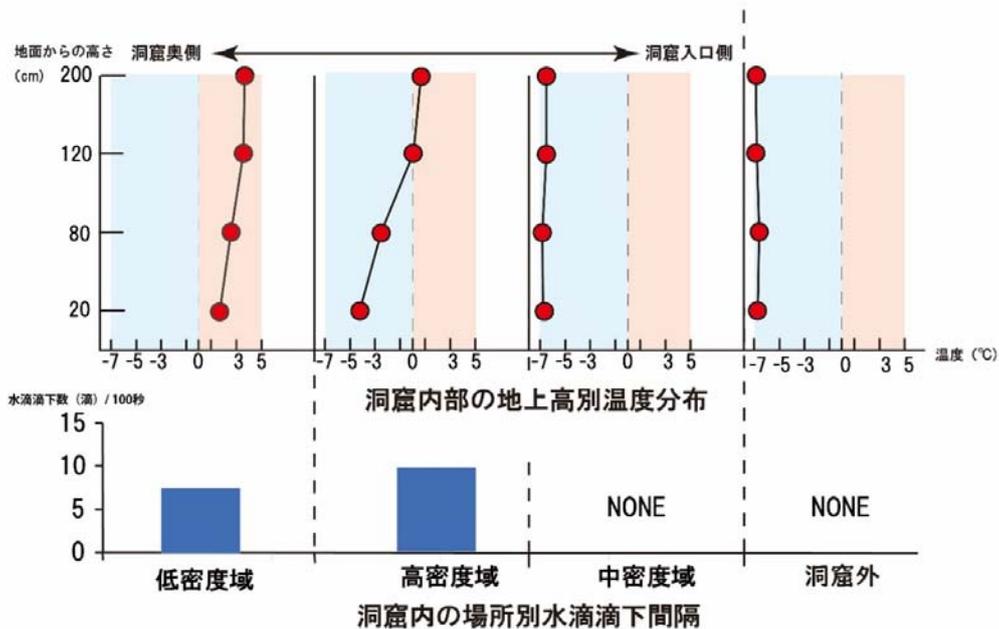


図5 密度区分別の気温の垂直分布と水滴落下間隔

4. 百畳敷洞窟の氷筈形成モデル

以上の結果及び考察をもとに百畳敷洞窟における氷筈形成モデルを図 6 に示した。洞窟内部は「逆への字型」断面構造によって、奥部に暖気を保持し、洞外から侵入した低温の外気が下部を構成していることで、洞窟中央部の氷筈中密度域では広い範囲で氷筈の形成しやすい環境が達成されていると考えられる。すなわち、最奥部の氷筈低密度域は地上付近が氷点下を下回らず、氷筈が発達しにくい、もしくは発達しても融解してしまう環境であると考えられる。洞口付近の氷筈中密度域は、岩盤内の水が天井部付近で凍結してしまい、氷筈を形成する為の水滴が供給されない、氷筈が発達しにくい環境であると考えられる。中密度域にある氷筈は、12月頃の外気温が氷点下をやや下回った時に形成した産物であり、厳冬期は成長が停止しているものと考えられる。このように本研究によって、洞窟の立体構造が気温や水滴の滴下を介して氷筈の形成に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

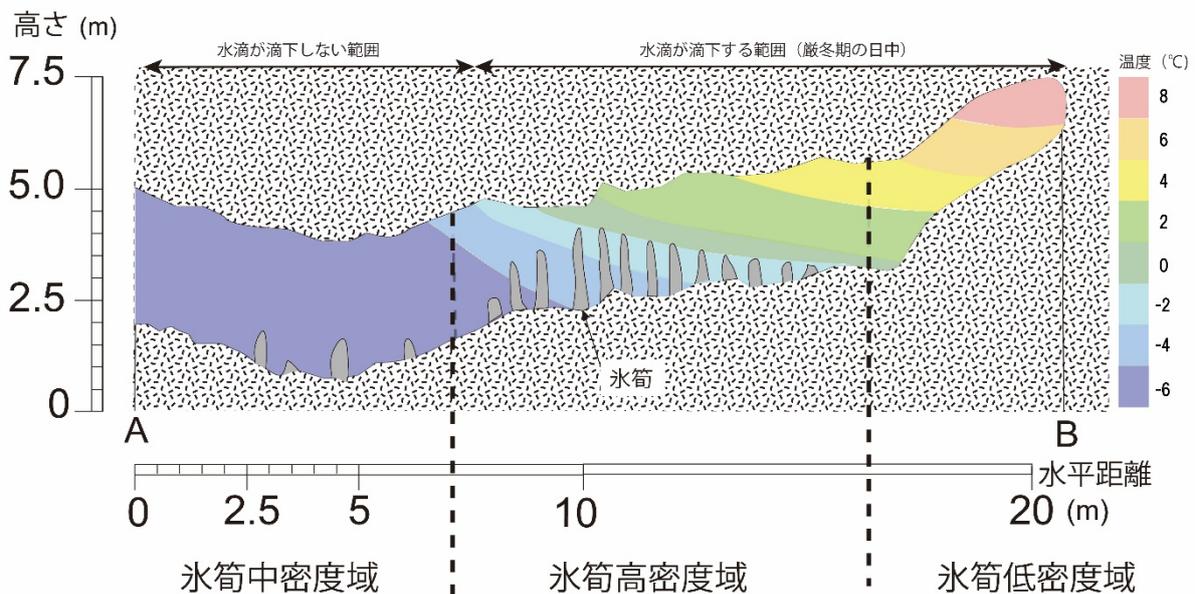


図 4 百畳敷洞窟の氷筈形成モデル

5. まとめ

本研究では、百畳敷洞窟における氷筈の生成プロセスの解明を目的に、洞窟の構造調査、氷筈の記載や気温観測を行なった。その結果、洞窟は「逆への字型」垂直断面形状を有し、それに対応する洞内温度の空間変化が認められた。また、その空間変化に対応する氷筈の密度や平均地上高の差が認められた。今回の検討から、百畳敷洞窟は、その断面構造によって、氷筈が形成しやすい温度条件が洞内の広範囲に達成されていることが示唆された。洞窟における氷筈の形成にはその断面構造が影響を及ぼす可能性が考えられる。断面構造以外の、たとえば天井部の透水性といった他の要因を検討した上で、他の洞窟との比較を行うことが今後の課題である。

【参考・引用文献】

- 1) 小塩哲朗, 2011 : 名古屋市科学館大型展示「極寒ラボ」について, 雪氷研究大会報告
- 2) 高橋忠司ら, 2012 : 氷筈を使ったチンダル像の作成, 川口短大紀要
- 3) 対馬勝年, 1999 : 氷筈リンクの試み, 日本結晶学会誌
- 4) 対馬勝年ら, 1983 : 氷筈, 日本雪氷学会誌