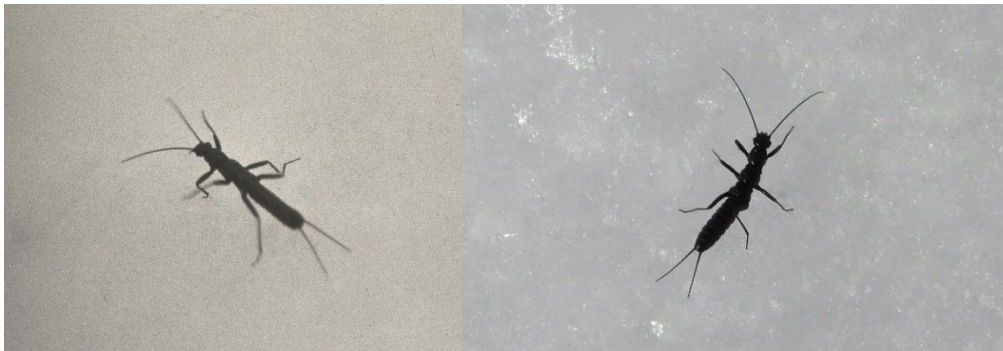


【雪氷生物図鑑】

セッケイカワゲラ (*Eocapnia nivalis*)

分布：日本（本州，北海道）

積翅目クロカワゲラ科。体長 8mm ほどの黒い成虫には，翅が無く飛ぶことはできない。冬から春にかけて，多雪地帯の低山帯の積雪上で活動する。0°C前後の低温で活発に活動できるが，20°C以上に温めると弱る。幼虫は溪流中に生息しているが，夏の間はほとんど成長しない。しかし，秋に溪流に流れ込む大量の落ち葉を食べて急速に成長し，冬に成虫となって積雪上に上陸する。成虫は積雪上で微生物や有機物を食べて卵や精子を成熟させる。また，雪の上を歩いて，溪流の上流に向かって移動してから交尾し，水辺に下りて産卵するが，その際，太陽コンパスを利用して移動方向を維持している。



ヤザワハダカカワゲラ (*Apteroperla yazawai*)

分布：日本（本州）

積翅目クロカワゲラ科。セッケイカワゲラモドキとも呼ばれ，体長約 8mm の翅のない黒い成虫はセッケイカワゲラにそっくりで判別は難しい。5月から7月にかけて北アルプスの高山帯にある残雪や雪溪の上で活動する。まだ見つからないが，幼虫は溪流中に生息しており，5月ころ雪融けによって溪流を埋めていた積雪に穴が開くと，成虫となって積雪上に上陸するらしい。5月には未成熟だったメスの卵が7月に雪溪にいたメスでは成熟していたことから，上陸後はセッケイカワゲラと同様に，残雪上で微生物や有機物を食べて卵や精子を成熟させながら上流方向に歩いて移動し，雪溪周辺の水辺に下りて産卵するのだと考えられる。



クモガタガンボ (*Chionea nipponica*)

分布：日本（本州，北海道）

双翅目ヒメガンボ科。ユキガンボとも呼ばれる。成虫の前翅は細い毛のように小さく退化しているが、双翅目昆虫の特徴である平均棍は立派なものが残っている。ユキムシの中でも特に低温に強く、主に1月～2月の厳冬期に雪上で活動する。北欧の同属種では、雪上1cmの気温が約 -3°C から -4°C 付近で特に多くの個体の活動が観察されている。北海道では日中に雪上で活動することが多いが、滋賀県や京都府の山地では、夜間に活動することが多く、雪上での交尾も夜間に見られた。メスは卵を積雪の下の腐植土層やネズミ類の巣に産みつける。幼虫は腐植土やネズミ類の糞などを食べて成長するらしい。



ヒョウガカワゲラ ice dragon (*Andiperla willinki*)

分布：南米パタゴニアの氷河

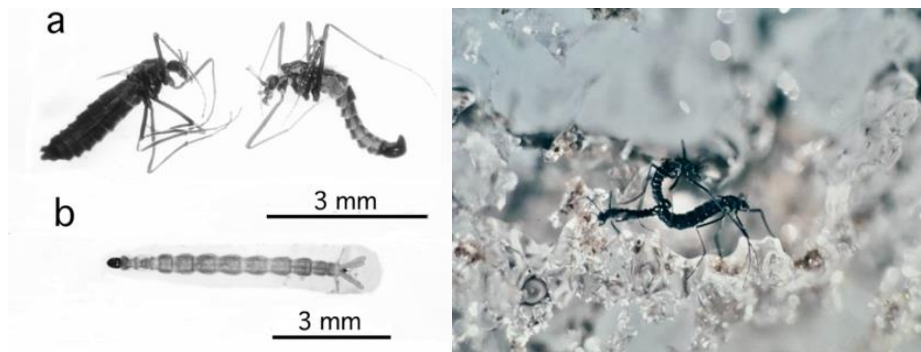
積翅目ミナミカワゲラ亜目。アイスドラゴン、またはパタゴニアドラゴンとも呼ばれている。南米パタゴニアの氷河の消耗域に生息し、幼虫は融解水の溜まったクレバスなど、氷河の表面や内部の水環境に生息する。トビムシなどの小動物や微生物を食べている。



ヒョウガユスリカ (*Diamesa kohshimai*)

分布：ヒマラヤ、ヤラ氷河

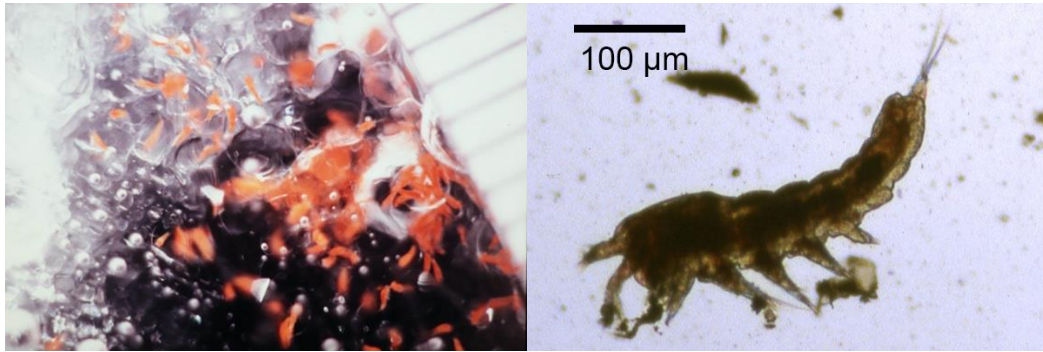
双翅目ユスリカ科。成虫は体長3mmほど。翅は小さく退化しており飛ぶことはできない。氷河表面の雪や氷の隙間を自由に動き回る。低温に強く、 -16°C でも活動できるが、手の平で温めると動けなくなる。幼虫は夜行性で昼間は氷の隙間に潜り込んでいるが、夜になるとクリオコナイトホールの水溜りや、氷河上の融水路でシアノバクテリアなどの微生物を食べて成長する。メス成虫は氷河の上流方向へ歩いて移動してから産卵するが、その際、太陽コンパスを利用して移動方向を決定している。氷河に定住することがわかった最初の昆虫である。



ヒョウガソコミジンコ (*Glaciella yalensis*)

分布：ヒマラヤ、ヤラ氷河

ソコミジンコ目カントカンプタス科の甲殻類。ヒマラヤのヤラ氷河で発見された、体長1mmほどの奇麗なオレンジ色をした新属新種の珍しいソコミジンコ類。ソコミジンコ類は水底を這い回るタイプのミジンコである。夜行性で、昼間は氷河表面の氷の隙間に入り込んでじっとしているが、夜になるとクリオコナイトホールの水溜りや、氷河上の融水路で活発に動き回り、シアノバクテリアなどの微生物を食べる。詳しい生活史はまだわかっていないが、卵や幼生も見つかったことから、氷河に定住していると考えられる。



トビムシ類 (*Isotoma* spp.など)

分布：ヒマラヤ、パタゴニア、立山など世界各地の氷河や積雪

昆虫に近縁なトビムシ目の節足動物。世界各地の氷河や積雪には体長1~2mmの原始的節足動物であるトビムシ類が生息している。腹部にあるバネ仕掛けの器官（跳躍器）を使って、ノミのようにジャンプできるので、ユキノミと呼ばれることもある。氷河に生息するトビムシ類の分類にはまだ不明な点が多いが、体色の黒いツチトビムシ科のトビムシが多いようだ。生態もよくわかっておらず、ヒマラヤのヤラ氷河で発見された種(*Desoria mazda*)のように涵養域の雪の中に生息するものもあれば、パタゴニア氷原の消耗域に生息する種(*Isotomasp.*)のように、水中生活できるものなど、形は似ていても、さまざまな生態があるらしい。氷河であることが最近わかった北アルプスの雪渓にも、これらとよく似た種が生息している。

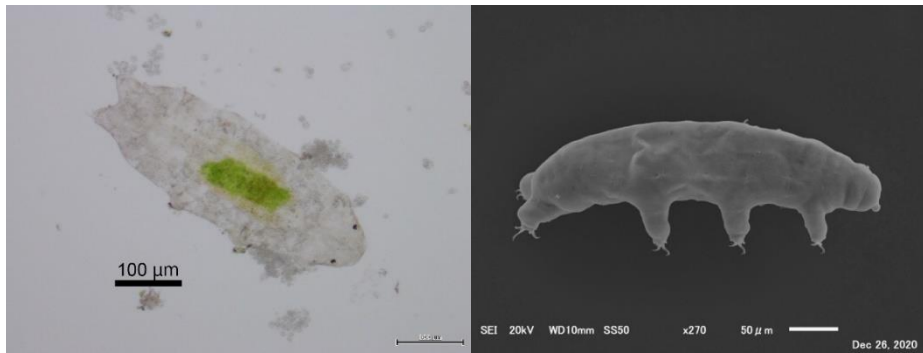


ユキヤマクマムシ (*Hypsibius nivalis*)

分布：日本、山形県月山

緩歩動物門。日本の山形県月山の樹林帯の積雪中で発見されたクマムシ。体長は0.3mm前後で、体色は透明である。樹林帯の周辺の土壌やコケに生息するクマムシとは形態が異なり、積雪中にのみ現れる種である。各足に長さが非対称の爪をもつことが特徴である。融雪期の藻類繁殖による緑雪中で活動し、藻類を食べて、雪上で脱皮殻に卵を産んで繁殖する。積雪がなくなった夏の間は、土壌中で休眠していると考えられるが、まだ詳しい生活

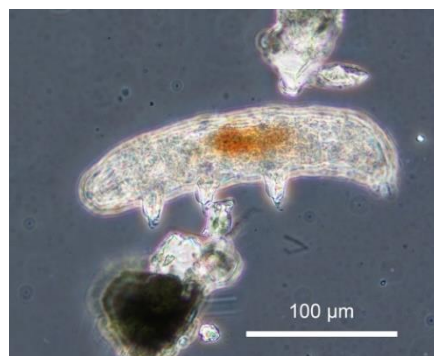
環は不明である。月山の積雪中には、形態の異なる別種が生息することもわかっている。



ヒョウガクマムシ (*Hypsibius* sp., *Hypsibius dujardini*)

分布：北極域氷河ほか

緩歩動物門。北極域の氷河を中心に世界各地の氷河にはクマムシが生息している。氷河下流部の裸氷の表面にできた融解水の水溜りであるクリオコナイトホールに生息している。クリオコナイトホールの中で、藻類や有機物を食べていると考えられている。冬期には氷河上の融解水は凍結するが、クマムシは凍結しながら生き延びて春になると再び活動を開始する。氷河性で体色が無色のクマムシの多くは、ヤマクマムシ科ヤマクマムシ属 (*Hypsibius*) に分類される。氷河によって多様な種が存在すると考えられているが、まだ未知の種も多い。

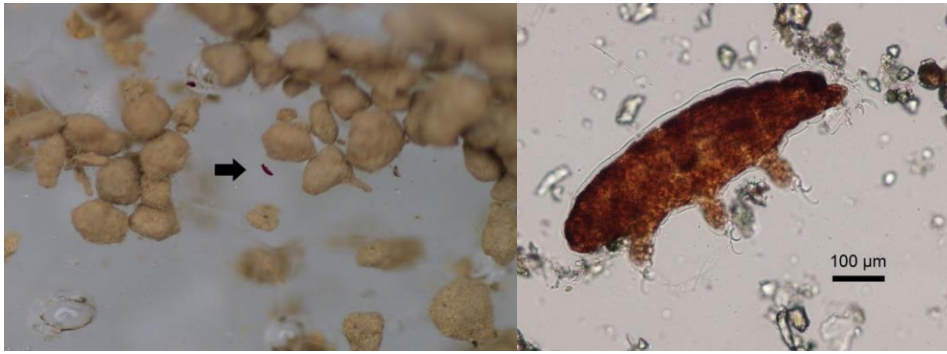


クリオコニスクマムシ (*Cryoconicus kaczmareki*)

分布：アジア高山域氷河

緩歩動物門。中央アジアの山岳氷河には、体色が黒～茶色に着色したクマムシが大量に生息する。氷河消耗域のクリオコナイトホールだけでなく、氷表面でも活発に活動している。従来北極などの氷河で知られていたクマムシとは形態、系統が異なることから、クリオコニス属という新しい属に分類された。最近ではアジア以外の氷河でも同種が見つかり、全球に分布していることもわかってきた。この種も含めて氷河では、体色が濃いクマムシが見つかることが多く、紫外線への耐性のため、または低温環境下でも日射を吸収して活動

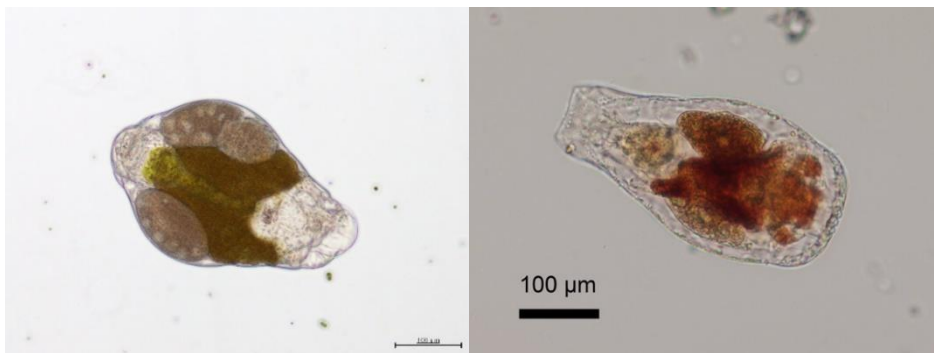
しやすくするためと考えられているが、詳しいことはわかっていない。



ワムシ類 (*Philodina* sp.)

分布：世界各地の積雪，氷河

輪形動物門. クマムシとともに氷河や積雪中に広くみられる微小動物. 足や体節はなく、体を伸び縮みさせながら、活発に水中を動き回る. ワムシは一般の水環境に広く分布するどこにでもいる微生物で、融解している積雪中や氷河に広く観察される. 積雪サンプルを顕微鏡で見ると、活発に泳ぎ回るワムシをみることができる. 体を伸縮させて細かく移動し、時折、頭部の風車のような器官を使って、長距離を一気に泳いで移動する. 雪の中に見られるワムシが、積雪環境に特化した特殊な種なのかどうかは、まだよくわかっていない. しかし、0°Cの融解水中でも活発に動き回っていることはたしかである. 透明な体内には腸が透けて見え、腸の内部には黄色から緑色の消化物をみることができる. おそらく積雪中の藻類か、バクテリアなどを食べているものと考えられる.

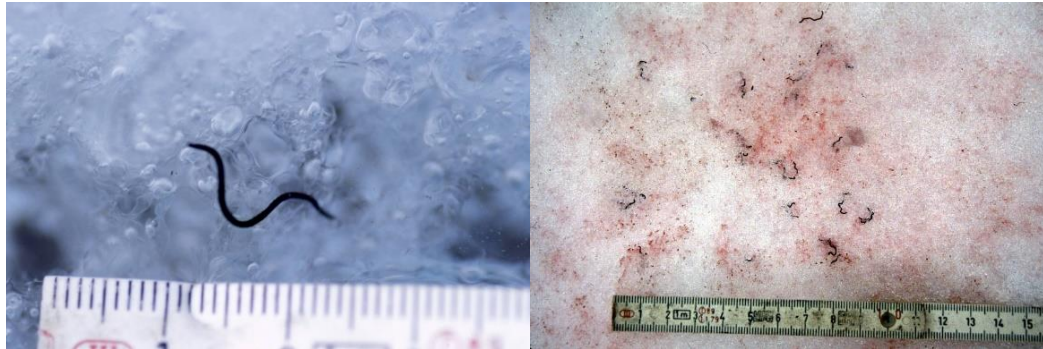


コオリミミズ (*Mesenchytraeus solifugus*)

分布：北米の氷河，雪溪

環形動物門貧毛綱ヒメミミズ科. コオリミミズは、北米の氷河の雪氷中に生息する長さ約 2 cm の黒いミミズである. 夜行性で、日中は氷河の表面から数十 cm の下の積雪内部に潜んでいるが、夕方になって日が陰り始めると、積雪の表面に現れて活動する. 多い場所では 1 m²当たり 500 個体以上ものコオリミミズが現れる. 雪氷藻類が繁殖した赤雪に集中

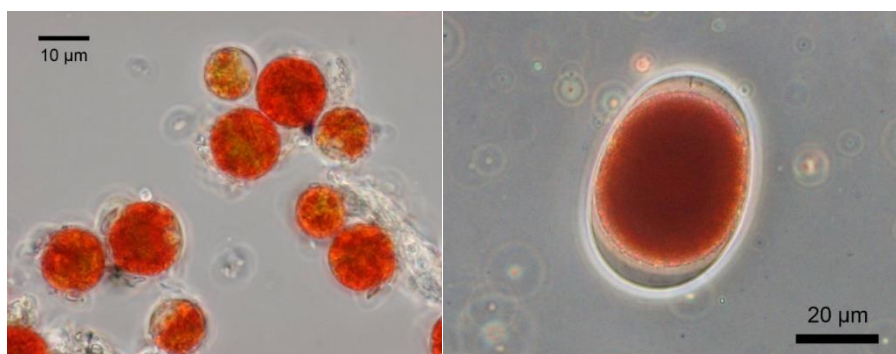
し、積雪粒子の間隙を移動しながら藻類を食べている。氷河下流部の裸氷域でもクリオコナイトホール内に生息している。すべての北米の氷河に生息しているというわけではなく、太平洋海岸山脈の特定の氷河にのみ分布している。



赤雪の原因となる雪氷藻類（*Sanguina nivaroides* など）

分布：日本、世界各地の積雪、氷河

緑藻植物門緑藻綱クラミドモナス目。日本の高山域をはじめ極域の氷河の積雪で融雪期に広くみられる赤雪現象の原因となる単細胞藻類。もともとは、*Chlamydomonas nivalis* という種名であったが、2018年に新属の表記の種に改名された。顕微鏡では、直径10~20 μ mの球形の赤い休眠孢子細胞として観察される（写真左）。細胞中央部に葉緑体が1つ見える。赤雪の赤い色は、アスタキサンチンと呼ばれる色素で、細胞を強い紫外線から守る役割がある。細胞外に多糖類を分泌し、多数の細胞が塊を作ることもある。休眠する前の栄養細胞繁殖過程は不明なことが多い。北極から南極、高山域まで地球上に広く分布するコスモポリタン（汎存種）である。一方、濃い赤雪にはクライノモナス属の藻類が優占することがある。細胞はより大きく、小判型をしている（写真右）。

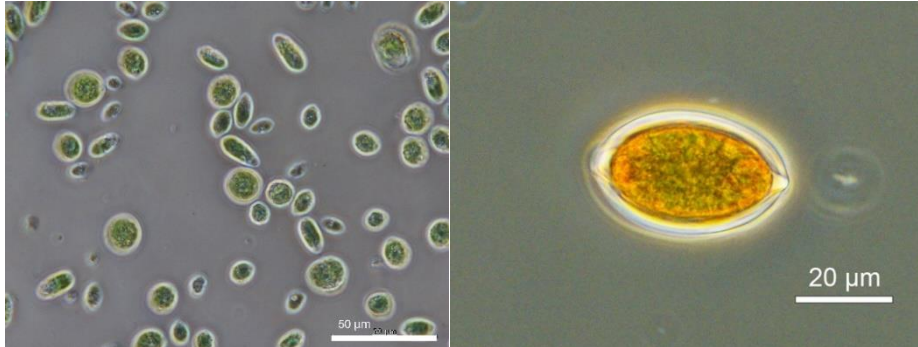


緑雪やオレンジ雪の原因となる雪氷藻類（*Chloromonas* spp. など）

分布：日本、世界各地の積雪、氷河

緑藻植物門緑藻綱クラミドモナス目。日本の樹林帯の積雪をはじめ世界の緑雪の原因となる藻類。種類によっては赤雪にも含まれる。顕微鏡では、大きさ10 μ m程度の鞭毛でおよ

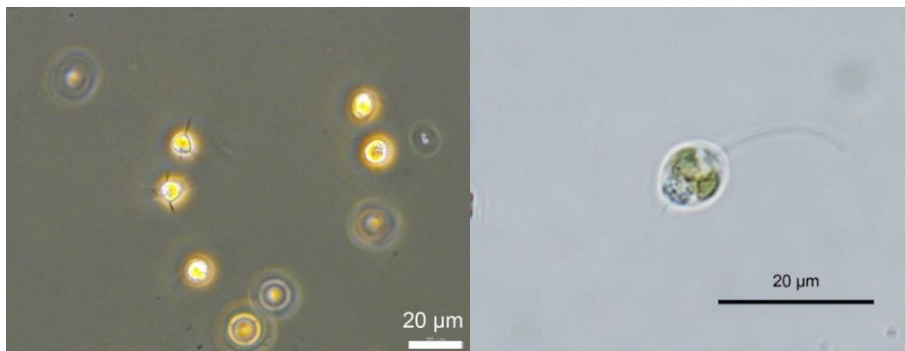
ぐ遊泳細胞，または 15~50 μm の楕円形の休眠孢子として観察される。遊泳細胞は特に熱に弱く，室内での顕微鏡観察ではすぐに動きをとめて死んでしまう。多くの緑雪中には複数種のクロロモナス属の藻類が含まれ，栄養細胞であれば形態の違いから種を特定することも可能である。休眠孢子には，赤やオレンジのカロテノイド色素が含まれることがある。



黄色雪の原因となる雪氷藻類 (*Ochromonas smithii*, *Ochromonas itoi* など)

分布：日本，山岳地帯の積雪

不等毛植物門黄金色藻綱。日本の樹林帯の積雪をはじめ世界の積雪で，黄色雪の原因となる藻類。細胞サイズは 10 μm 程度で，活発に鞭毛で泳ぎ回る。細胞内に β -カロテンやキサントフィルという色素を多く含むため，黄色から黄緑色に見える。緑藻類の藻類と違って，細胞の形が三角または四角など角のある形が特徴的である。遊泳細胞の 2 本の鞭毛のうち 1 本が退化して短いか，または消失していることが多い。

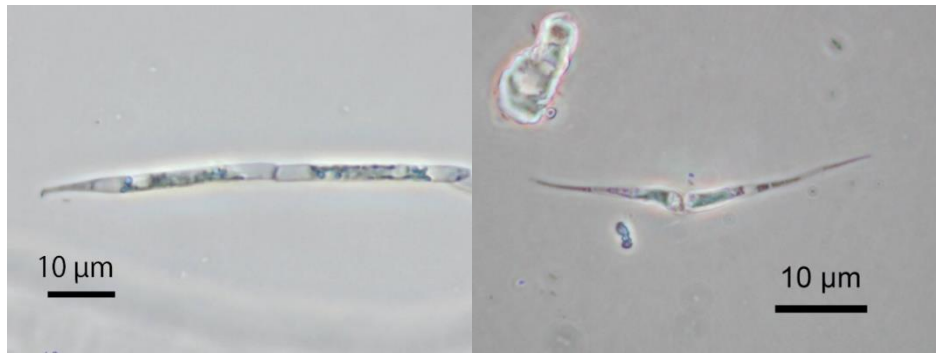


単独では彩雪をあまり起こさない雪氷藻類 (*Raphidonema* spp. など)

分布：世界各地の氷河，積雪

緑藻植物門トレボウクシア藻綱。世界各地の氷河や積雪に分布する。顕微鏡下では，あまり目立たないが，先がとがった細長い糸状の細胞で，2 細胞または複数細胞が連なった形態で観察される。積雪では赤雪や緑雪が発生した後，サングイナ属またはクロロモナス属藻類に混ざって現れることが多い。単独で彩雪現象を起こすことはほとんどない。氷河では，雪線付近の雪または氷の表面に分布する。赤雪のサングイナ藻類と同様にコスモポリ

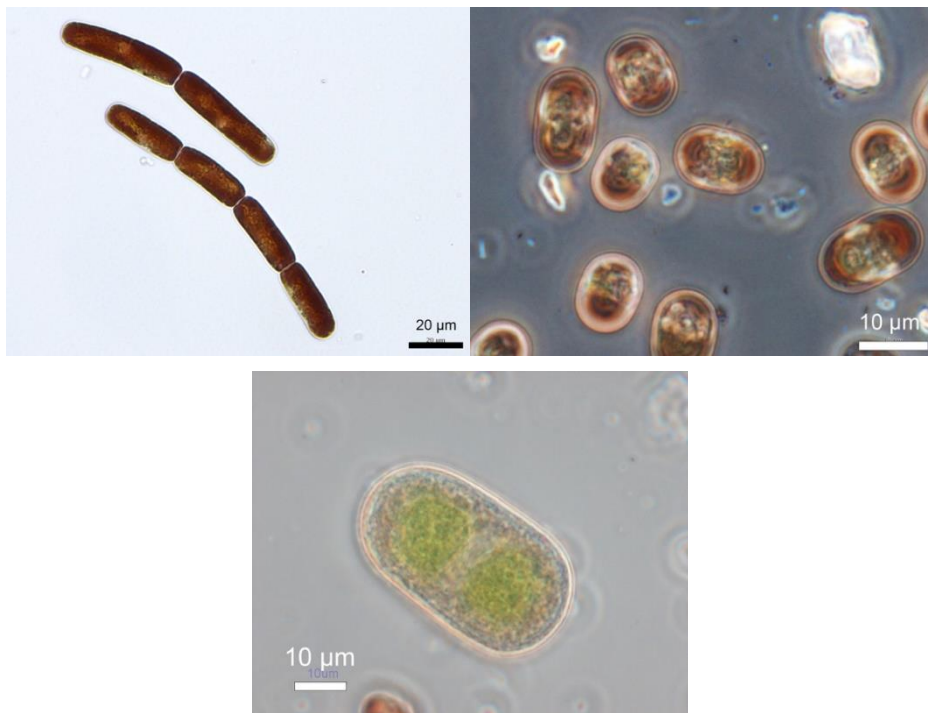
タン（汎存種）で、世界各地でDNA配列（ITS2）が一致する個体が見つかる。



氷河氷の表面で繁殖する雪氷藻類（*Ancylonema nordenskiöldii* など）

分布：世界各地の氷河

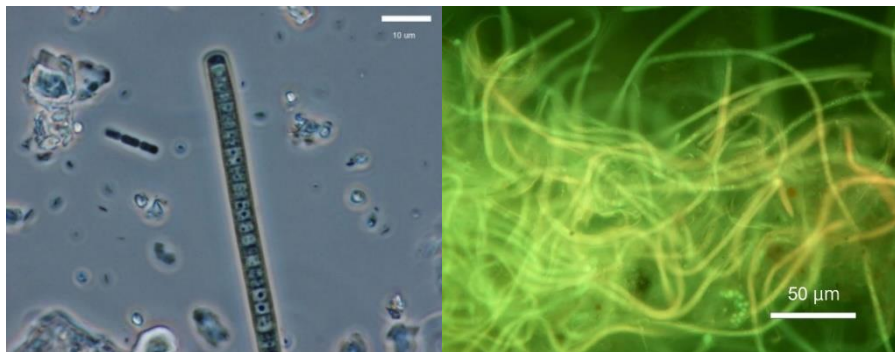
緑藻植物門接合藻綱。氷河下流部の裸氷の表面で繁殖する藻類。積雪上ではほとんど見られない。*Ancylonema nordenskiöldii* は、複数の細胞が連なった形態の藻類で、主に北極域の氷河表面で優占する（写真左上）。プルプロガリンという紫色がかったフェノール色素を細胞内に持つことから、この藻類の大繁殖は氷河表面を暗色化し融解加速効果があることで知られている。この藻類以外にも、接合藻綱の藻類は、*Ancylonema Alaskana*（写真右上、旧：*Mesotaenium brugrenii*）、*Cylindrocystic brebisonii*（写真下）、などの種が世界各地の氷河で繁殖する。コスモポリタン（汎存種）であると考えられている。南半球の氷河には、三日月型の細胞形態をもつこの地域に特有な藻類が生息している。



氷河上で繁殖するシアノバクテリア（*Phormidesmis presitrii* など）

分布：世界各地の氷河

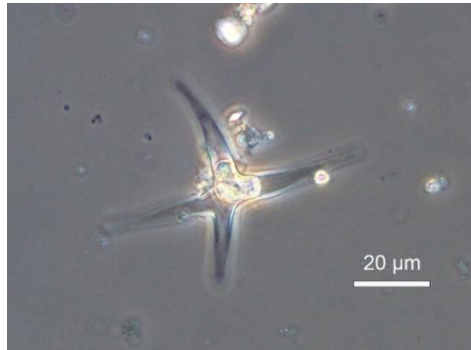
シアノバクテリア門に分類される細菌。光合成をおこなうバクテリアで、以前は藍藻とも呼ばれた。ただし、真核生物の藻類とは異なり核をもたない原核生物（細菌）で、細胞サイズも他の藻類より小さい（数 μm ）。世界各地の氷河の消耗域で繁殖し、氷河生態系における重要な一次生産者となっている。氷河上流部の涵養域の積雪上ではほとんど見られない。氷河上で繁殖するものは約 20 種に分類されており、多くはユレモ科やネンジュモ科に分類される糸状の種である。氷河によっては単細胞性のもも存在する。氷河上の糸状シアノバクテリアは、鉱物粒子や他の有機物とともにクリオコナイト粒という直径 2 mm 程度の微生物複合体を形成する。シアノバクテリアの繁殖は、暗色のクリオコナイト粒を形成することにより氷河表面のアルベドを低下させて、融解を促進する。一部の種は氷河上で窒素固定を行うという報告もあるが、実際には窒素固定は限定的と考えられている。北極域の氷河で優占する種はユレモ科の *Phormidesmis presitrii* で、アジアの山岳氷河では同じくユレモ科の *Microcoleus vaginatus* と不明種の 2 種が優占する。



雪氷菌類（*Chionaster nivalis*, *Chionaster bicornis*）

分布：日本、世界各地の積雪

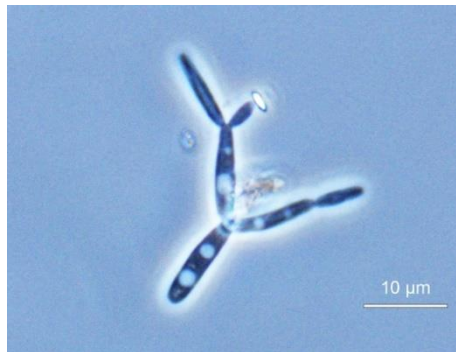
担子菌門シロキクラゲ綱の菌類。積雪中に生息する代表的菌類である。日本国内をはじめ世界各地の積雪で繁殖している。赤雪や緑雪内に藻類細胞とともに含まれることが多い。大きさは 30 μm 程度で、顕微鏡では 2~4 本の足をもった無色の細胞として観察される。細胞の中央部に細胞質がある。



雪氷中の酵母

分布：日本，世界各地の積雪

酵母は生活環の一部で単細胞性を示す菌類で，系統的には異なる種を含んでいる．赤雪や緑雪を顕微鏡で観察すると，無色の酵母のような細胞を多数見ることができる．氷河や積雪からも低温環境で繁殖する好冷性の酵母が単離されている．多くは担子菌門の菌類であるが，その生態はまだほとんどわかっていない．



雪氷中のツボカビ

分布：日本，世界各地の氷河と積雪

ツボカビ門の菌類．ツボカビは，鞭毛をもつ遊泳細胞を作る菌類で，菌類の中では最も原始的なグループと考えられている．腐生性と寄生性の種があり，他の菌類と同じように別の生物から栄養を採取して成長する．鞭毛をもつツボカビの遊走子は，水中を泳いで宿主となる生物を探す．宿主が見つかったとその細胞に付着して細胞内に仮根を伸ばし，宿主から栄養を吸収して成長する．積雪や氷河上には雪氷藻類に寄生するツボカビが存在する．北極域の氷河で繁殖する緑藻類のほか，国内の積雪に現れる緑雪や赤雪中の藻類に寄生するツボカビが確認されている．顕微鏡で見ると，藻類細胞に付着し仮根を細胞内部に伸ばしているツボカビを観察することができる．積雪中のツボカビは，北米やヨーロッパなど世界各地で見つかっており，どれも系統の近い同じグループ（スノークレード）に分類されることがDNA分析によってわかっている．



雪氷中のバクテリア

分布：日本，世界各地の氷河と積雪

バクテリアは細胞に核を持たない原核生物と呼ばれる一群の微生物で，日本を含め世界各地の積雪，氷河に生息している．細胞サイズが数 μm と小さいため，光学顕微鏡では小さな点にしかみえない．電子顕微鏡で見ると，雪氷中の藻類や鉱物粒子の表面などに付着している細胞を見ることができる．氷河や積雪で活動するバクテリアは，低温で繁殖する好冷菌であることが多く，DNA 分析によって真正細菌やアーキア（古細菌）を含む多様な種が存在することがわかっている．バクテリアは，雪氷中の有機物を分解するだけでなく，種によって多様な機能を持っている．氷河上には，硝化や脱窒等の窒素循環に関わる種や，さらに昆虫類の腸内に生息し消化を担っている種も存在する．

