

## 氷瀑の形成に関する観測 (2)

### Observation of Formation Process for Icefall (Part 2)

東海林明雄 (湖沼雪氷研究所)

Akio Toukairin (Lake Research Institute of Snow and Ice)

#### 1. はじめに

本研究の、河川における“氷瀑”の形成過程についての研究は、3冬季の観測を終えた。当初は、複雑過ぎる・整理の見通しが立たない等と云った、混沌とした、意識状態で経過し、氷瀑を見上げながら、途方に暮れる日々もあった。

しかし、3冬季の観測を終えた今、マクロ的には在るが、どうにか全体像の把握ができ、整理出来そうだと云える段階に到達できたと考えている。

#### 2. 観測の経過

##### 2.1 2009/2010 冬季

茨城県の袋田の滝・月待ちの滝、それに、札幌市の星置の滝や平和の滝など、自然の河川氷瀑を観測し、デジタルカメラやビデオカメラに記録した。また、手稲山の麓にある、濁川に架かるコンクリートダム堤体にてできる、氷瀑の観測を開始した<sup>1)</sup>。

##### 2.2 2010/2011 冬季

濁川に架かるコンクリートダム堤体にてできる、氷瀑の直下で、インターバル 2 分で、水温(または氷温)・気温・湿度のデジタル記録 (U14-001, U14-002 米国オンセットコンピュータ社製) を取った。また、手動カメラにて現場の記録を撮りつつ、ソーラーパネル発電装置を設置して、この電源で、SD カード VTR カメラ (赤外線 VTR 自動カメラ AVIR - 707MF 株ヒーロー製) を期間中昼夜連続して回し続け、形成機構把握の観点から、形成過程の動画取得に努めた。

観測結果の一例であるが、降雪は氷瀑の壁面に波状に付着し、流下する水流と共に凍結するが、更に降雪が続くと、波状模様の波長と振幅が増幅され、ついには、大きな‘クラゲ氷’のパターンに成長するものであることが、カメラの時系列記録から解った<sup>2),3)</sup>。

##### 2.3 2011/2012 冬季

濁川に架かるコンクリートダム堤体にてできる、氷瀑の直下で、インターバル 2 分で、水温(または氷温)・気温・湿度のデジタル記録を取った。また、手動カメラにて現場の記録を撮りつつ、コンパクトインターバルデジタルカメラ 2 台を期間中昼夜連続して、インターバル 20 分で運用し、記録を撮った。これは、スライドショーで早回しすることで、動画として解析出来る。前冬のデジタルビデオカメラからコンパクトインターバルデジタルカメラに変更した理由は、形成機構把握の



図-1 濁川ダム堤体の氷瀑。波状の付着積雪と成長したくらげ氷。2012年2月17日

ため、最も効果的な位置に、カメラを容易に移動設置することが可能なためである。

図-2 しぶき氷に覆われたカメラ (防水性能：水深 10m)。氷に覆われても、設定動作は継続して、昼間レンズ面の氷が解けると所定の画像に回復する。デジタル水中カメラ 2 台。



### 3. 観測の結果

3 冬季に互る観測の結果から、氷爆は、つらら・氷筈・漣 (さざなみ) 氷板・たこ氷・くらげ氷の 5 つの種類の水によって、構成されることが解った。そのを表 1 に示した。つらら・氷筈・くらげ氷については、昨年の報告<sup>2),3)</sup> で述べた。

#### 3.1 漣氷板

漣氷板の形成には、幾つかの過程が考えられる。そのひとつは、図-3 のような瀑布膜流の凍結である。表面は、漣状または、つらら状に凸凹した氷板になる。氷板の薄い時点では、流下する水膜流が残っている、しかし、凍結が進み、氷厚が増すに従い、流下する水膜流の厚さが薄くなり、やがて、水流の通り道は無くなる。そこで、溢流部を生じる。この溢流部からは、次に述べる、たこ氷が発生することになる。



図-3 漣氷版

#### 3.2 たこ氷

たこ氷とは、まるい半球状の頭部から数本のつららをぶら下げた氷体のことで、吊り下げた生だこの様な形状な



図-4-1 つららの成長 (3 月 19 日 18 時 46 分)。



図-4-2 つららの成長 (3 月 19 日 21 時 46 分)。



図-4-3 つららの成長(3月20日 4時 6分). 図-4-4 つららの成長(3月20日 21時 46分).  
 図-4 つらら成長により、その長さとおさを増し、互いに接続し板状化して出来た、漣氷板。

表-1 氷瀑氷の構成要素

氷瀑の構成要素	形成機構
○ つらら	
○ 氷 筧	
○ 漣氷板	① 瀑布膜流の凍結. ② つらら成長により接続し板状化. ③ その他 (例:氷筧が連結し板状化).
○ たこ氷 (頭部半球状)	① つらら束の成長形. ② くらげ氷の頭部が氷化. ③その他 (例:突出基盤岩につらら).
○ くらげ氷 (頭部に雪)	① 降雪の縞状付着と、溢流水による突出した氷板の形成と、それからのつららの成長形. ② たこ氷の頭部に雪が積ったもの. ③ その他 (例:突出基盤岩につららと雪).

ので‘たこ氷’と呼ぶことにした。たこ氷の頭部に雪が積って白くなるとこれはくらげ氷ということになる。表1に例示したように、漣氷板・たこ氷・くらげ氷の形成機構には、それぞれ、幾つもの過程が考えられる。また、たこ氷か、くらげ氷か判然としない場合も多い。これは、雪質や雪の結晶の分類時の、大分類と小分類の、大分類に相当しているためである。

### 3.3 積層氷瀑氷の形成過程

凍結が進み、氷厚が増すに従い、流下する水膜流の厚さは薄くなる。また、落水路が管路の時も、その太さは細くなり、やがて、水流の通り道は、無くなる。そこで、溢流部を生じ

る。この溢流部からは、たこ氷等が発生することになる。そして、このたこ氷等の成長と共に、溢流水の新たな水路も形成されるが、さらに、次の寒気でこの水路も凍結すると、更に別の、溢流部を生じ、これを、繰り返すことになる。いうならば、瀑布基盤面への幾層もの、氷層の上塗りと言う形で、氷瀑の氷はその厚さを増して行くことになる。

濁川ダム堤体では、溢流部の発生と、これの凍結による閉塞と、落水路の繰返しの変更が起こり、積層氷瀑氷の厚さは、2012年2月中旬には1mに達した。

#### 4. ま と め

表-1の氷の5種は氷瀑の氷の構成要素のマクロ的分類として、殆どの氷瀑氷の構成要素となる。つまり、殆どの氷瀑氷の構成要素は、表-1の氷の5種によると考えることが出来る。そして、氷瀑の形成機構は以下のように整理される。

##### 氷瀑の形成機構

###### [ 基盤氷の形成 ]

1. 流下する水流束の左右両側の基盤表面の濡れ領域から、氷の生成が始まり流央部に向かう。
2. 基盤表面の凸凹や、コケ類・藻類を土台にして生えた植物の突起部などを芯にして、氷の生成が始まる。
3. つらら状の成長と、これの側方への成長。また、しぶきによる氷筈の成長と、これの側方への成長が、氷瀑の形成を促進する。
4. 平板状の表面を膜状に流下しながら凍ると、‘漣氷板’が形成される。

###### [ 氷厚・氷量の増加 ]

5. 氷厚の増加による既存水路の縮小、または、閉塞により、溢流部を生じ、これらによる、氷の上塗りが繰り返されるかたちで、氷瀑の氷の厚さは増加して行く。
6. 無降雪状態の継続時は‘たこ氷’が発達し、氷瀑は、これらの氷の集合体として形成される。
7. 降雪は、氷壁へ波状に付着し氷瀑の形成に寄与する。降雪が多いと、波模様の波長と振幅が増幅されるかのように、次第に、大きな‘くらげ氷’のパターンへと成長して行く。
8. 河川の上流部から流下し、または、滝の上部から滝壺に、落下した氷片が集積し、これを土台として、滝の下部から上部に向かって、瀑布の氷が成長する場合があります、氷瀑の形成を促進する。

###### [ 長期的経過 ]

9. 長期的には、気象条件・流水量の増減・融解時の崩落などが繰り返され、複雑な過程を経ながら、氷瀑はその厚さを増し、氷量を増して行く。

#### 5. 引用文献

- 1). 東海林明雄, 2010: 河川における“氷瀑”の形成過程について(1).  
雪氷研究大会(2010・仙台) 講演要旨集, 149pp
- 2). 東海林明雄, 2011: 河川における“氷瀑”の形成過程について(2).  
雪氷研究大会(2011・長岡) 講演要旨集, 206pp
- 3). 東海林明雄, 2011: 氷瀑における“くらげ氷”の形成. 雪氷研究大会  
(2011・長岡) 講演要旨集, 110pp