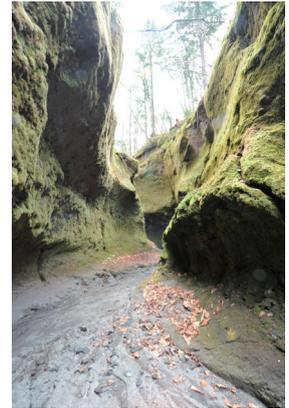


<自由投稿>

支笏湖南岸「苔の洞門」の洪水史

宮坂 省吾¹⁾

History of the flood on the southern shore of Lake Shikotsu *Seigo Miyasaka¹⁾*



2022年6月13日受付

2022年8月12日受理

¹⁾北海道総合地質学センター

Hokkaido Research Center of Geology

連絡先: 札幌市東区中沼町 29 番地 283

Nakanuma-cho 29-283, Higashi-ku, Sapporo City, Hokkaido 007-0890, Japan, miyasaka@hrcg.jp

はじめに

苔の洞門沢¹⁾は樽前山の北側山麓を源流とし、シシャモナイ地区²⁾を流れて支笏湖に入っている。この川は、豪雨の時に流水がある間欠河川である。

支笏湖南岸(図1 青矢印)は樽前火山1739年火砕流堆積物に覆われている。下方侵食(以下「下刻」と表記)により形成された苔の洞門(図4の「第1洞門」)は、表層を除くと弱固結の溶結凝灰岩(弱溶結凝灰岩)からなり、高さ10~15m、幅3~4mの狭い箱状谷(I字

谷)³⁾となっている。

2014年9月11日の豪雨⁴⁾(表1)による洪水で苔の洞門下流の谷底が最大2mほど下刻された。

この豪雨は、気象庁支笏湖畔観測所における1977年観測開始以来、最大の大雨であった(表1)。これ以前の1950年8月に20kmほど南東の苫小牧市で多量の強雨⁶⁾が観測されており、支笏湖畔でも同レベルの降雨があったと考えられる。

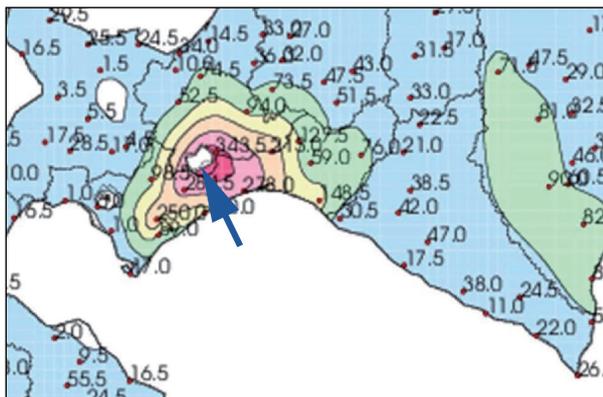


図1. 2014年9月10日00時~13日00時の積算降水量分布(単位: mm, 図は室蘭地方気象台) 青矢印は調査位置。

表1. 支笏湖畔の大雨記録(上段は日降水量の順位, 下段は日最大1時間降水量の順位)

要素名 /順位	1位	2位	3位	4位	5位
(mm)	447.9	276.5	251	248	237
日降水量	1950/8/1	2014/9/11	1988/8/12	1981/8/23	2005/9/7
	苫小牧	支笏湖畔	支笏湖畔	支笏湖畔	支笏湖畔
(mm)	126	70	64.5	62	52
日最大1時間降水量	1950/8/1	2014/9/11	2008/10/9	2005/10/22	1988/8/12
	苫小牧	支笏湖畔	支笏湖畔	支笏湖畔	支笏湖畔

¹⁾ 古くは唐沢(潤れ沢のこと)と呼ばれ、シシャモナイ東沢とも、本稿では「苔の洞門沢」とする。

²⁾ 地区名シシャモナイはアイヌ語「si-sam nay (和人の沢)」を起源とすると考えられる。

³⁾ 『地形の辞典』による河谷縦断形の分類では「箱状谷」であるが、細長い形状から「I字谷」とも呼ばれる。

⁴⁾ 以下、「2014年9月豪雨」あるいは「2014年9月洪水」と表記する。

⁵⁾ 以下、「1950年8月豪雨」と表記する。

⁶⁾ 苫小牧観測所のデータを参照した。



図 2. 洞門下流の下刻の状況（洞門入口にあった展望台から下流を撮影）写真中央に流路跡，その左の一段高いところが2014年9月洪水前の谷底。谷底は，洪水により2 mほど洗掘されていた。右岸側にエゾマツの生える大きな崩落岩塊（図10）。

1. 研究方法

2014年9月豪雨の洪水による下刻により，洞門下流の谷底を形成していた過去の洪水堆積物とともに埋没樹幹や不定根⁷が露出した（図2）。

筆者は，倒木の樹幹および不定根を輪切りにして年輪を測定⁸し，露頭の洪水堆積物と対比した。その結果から，洪水堆積物の年代・谷底位置などを検討した。

以上に基づいて，半世紀の間に起こった洪水について整理するとともに，苔の洞門形成史に関わるイベントについて私見を披歴する。

2. シシャモナイ火砕流台地と苔の洞門沢の形成

樽前山は1739年8月下旬にプリニー式噴火を起こし，火砕流が発生して森林は焼払れた。数百度を超える火砕流は湖水を熱して水蒸気爆発を起こし，たくさんの二次噴気孔を造った。火砕流堆積物⁹は高温により溶結し，弱溶結凝灰岩になった。

この火砕流が炭化木を造り，弱溶結凝灰岩がシシャモナイ地区に扇状地状の地形を残した。扇状地の始まり（扇頂）は風不死岳とカルデラ壁に挟まれた幅200 mほどの谷間で，そこから下流では500 mから2 kmと幅を広



図 3. 下流から見た浅谷と箱状谷の重なり（石井正之氏提供）

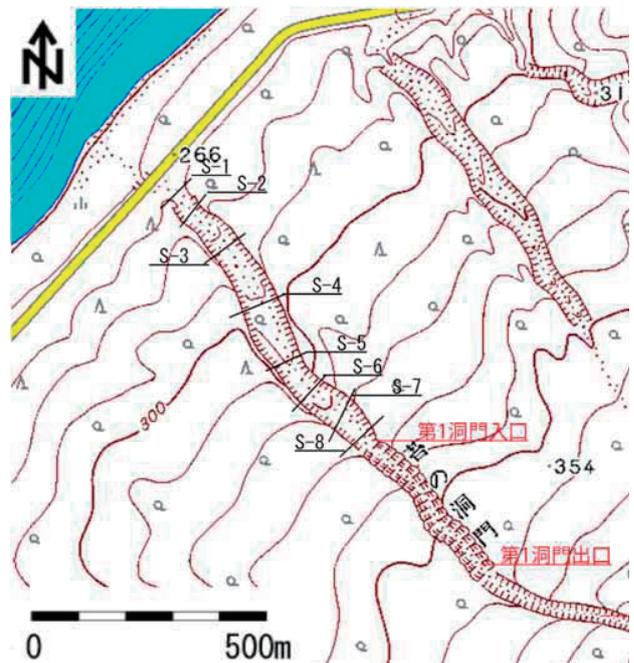


図 4. 調査サイト（S-1：調査測線）

げている。この扇状地状の緩傾斜地を，筆者は「シシャモナイ火砕流台地」と呼ぶ。

一般に，火砕流は低い方へと流下し，噴火前に河道があったところで厚く埋積する。このため溶結凝灰岩ができた時には，元の流路の上で最も収縮して凹み，新たな地表に谷を作り始める。

溶結によって形成された凹地が集水域を広げ，融雪や大雨にともなう洪水を集めて浅谷¹⁰を造り，下方浸食が箱状谷¹¹を形成し始めた時，筆者は考えている（図3）。

⁷ 不定根は，主根などの定根とは異なり，主根以外のところから二次的に形成される根のこと。火山灰や土石流堆積物に覆われた樹幹からも発生する（東 三郎，1979）。このため，降灰や土石流による被り堆積の年代推定が可能になる。

⁸ 年輪測定・地形断面作成は高尾和弘氏にお願いした。なお，以下で記す「樹齢」は年輪測定を行った2014年を基準としていることに注意。

⁹ 本稿では「1739年火砕流堆積物」と表記する。

¹⁰ 火砕流堆積物の上部非溶結部に造られた河谷で，幅広いV字谷のようにも見える。これを筆者は浅谷（あさだに）と呼んでいる。

¹¹ 側刻の進行しつつある箱型の河谷を箱状谷という。平底谷は，両岸に急傾斜の谷壁斜面をもつが，谷幅に比べて著しく浅く，幅広い平坦な谷底を持つ。（『地形の辞典』による）。

表2. 不定根年輪と洪水埋積年

測線	樹種	年輪数	埋積年
S-4	ケヤマハンノキ	2~3	2011
S-6	トドマツ	13	2001
S-6	トドマツ	25	1988
S-7	ケヤマハンノキ	9	2005

3. 年輪年代から見た洪水堆積物の区分

2014年9月豪雨により、洞門直下の下刻¹²は深さ2m前後に達し、次第に浅くなりながらS-3付近まで及んでいた。この谷底を2014年9月下刻谷底と呼ぶ。

下刻により露出した洪水堆積物の区分は、堆積休止を示す枯葉の集積層あるいは腐植層によって行った（上位から順に丸数字で区分）。さらに近接する樹木の不定根年代によって年代の定まった洪水堆積物以外の年代を推定し、洪水史の解明に心がけた。

3-1. 不定根の年輪調査

不定根は、樹幹が洪水堆積物により埋没し、新たな堆積面直下に形成される二次根である。従って、洗掘で現れた不定根の年輪は洪水堆積物の年代の上限を示す（表2）。

表2に示したように不定根年輪年代から洪水堆積物による埋積年代を推定すると、1988年・2001年・2005年・2011年の洪水が想定できる。

3-2. 不定根形成に関連する降雨

次に、上述の不定根に対応する降雨について、室蘭地方気象台（支笏湖畔・森野）のデータで検討した。



図5. S-4 ケヤマハンノキの年輪測定（▲ 年輪測定位置：以下同じ）



図6. S-4 上流の洪水堆積物

1988年洪水：11月24日支笏湖畔の日降水量185mm（最大1時間降水量27mm）によるものと見られる。11月初旬から続いた少雨が先行降雨となっている。

2001年洪水：8月22～23日支笏湖畔の24時間降水量273mm（最大1時間降水量45mm）によるものと見られる。

2005年洪水：9月7日支笏湖畔の日降水量237mm（最大1時間降水量36mm）によるものと見られる。

2011年洪水：8月21日森野の日降水量約380mm（最大1時間降水量78mm）¹³によるものと見られ、1時間降水量30mmを超える雨が7時間にわたった。

3-3. S-4 上流

(1) ケヤマハンノキ林

2014年9月下刻谷底のケヤマハンノキは、樹高約3m（φ18.5cm）で年輪46本を数える（図5）。樹高は15mで概略の高さ補正を行うと、46年÷（15-3）m×15m≒57.5年から、樹齢は58年と推定される。

S-4の周辺には倒伏・傾倒・埋没したケヤマハンノキが多数あり、樹齢60年ほどと推定される同齢林が成立していたと考えられる。

(2) 洪水堆積物

S-4上流の洪水堆積物は5層に区分される（図6）。最上位の①層は2014年9月洪水堆積物で、侵食基底をもって②層に累重している。

ケヤマハンノキ最上位の不定根（ヒゲ状：年輪2～3本）が②層上の腐植層に対応することから、②層は2011年の洪水堆積物と判定される。さらに50cmほど下位に繁茂している不定根は③層、最下位の不定根は⑤層に相当するが、このケヤマハンノキは倒木ではないので不定根測定は未実施で、年代推定はできない。

¹² 本稿では、下方侵食で形成された谷底を「下刻谷底」、谷壁を「下刻谷壁」と表記する。

¹³ 2001年8月22～23日の降雨は24時間降水量274mm（最大1時間降水量45mm）を記録しており、表1に示した大雨レベルに匹敵する。



図7. S-6 上流の洪水堆積物と不定根（ポールが対比層を示す）

3-4. S-6 上流

この地点では幅約 60m, 高さ 12 m ほどの平底谷¹⁵になっており, 両岸に比高 2.5 m ほどの洪水堆積物により形成されたと考えられる微高地がある. これを筆者は「谷底内段丘」と呼ぶ (図 8 1890 ? : 青色破線).

(1) トドマツ林

2014 年 9 月下刻谷底のトドマツ (図 7 [左]) は胸高直径 ϕ 35 cm で, 年輪 54 本を数える. 樹高 25 m で概略の高さ補正を行うと, $54 \text{ 年} \div (25 - 1.5) \text{ m} \times 25 \text{ m} \div 57.4 \text{ 年}$ から樹齢は 58 年と推定される.

付近の写真の細い倒木トドマツの年輪も 47 本で, 樹齢 50 ~ 60 年のトドマツ林が成立していたことを示す.

(2) 洪水堆積物

S-6 上流の洪水堆積物は 7 層に区分され (図 7 [右]), ①層は 2014 年洪水堆積物である. ①層と②層の間には枯葉集積層のみが介在することから, ②層は 2011 年洪水堆積物と判定される.

トドマツの最上位不定根は年輪 13 本および 25 本で, ④層および⑤層上の腐植層に形成されている. このことから, ④層は 2001 年, ⑤層は 1988 年, ⑥層は 1981 年の洪水堆積物と判定される.

なお, 最下位の⑦層は上位に厚さ 10 cm ほどの腐植層があることから, ⑥層と時間間隙が認められるので, 1950 年 8 月苦小牧豪雨 (表 1) の洪水堆積物と考えられる.

(3) 60 年前の樹木更新

このトドマツ林は 1950 年 8 月苦小牧豪雨 (表 1) による洪水更新¹⁶により形成されたものと推定される (図 8 1950 ? : 褐色破線). 樹齢 50 ~ 60 年のトドマツやケヤマハンノキは, 新谷 (1972) が最も古い更新樹を 1963 年代としたことと大きく矛盾しない.

溪畔林がきわめて大きな更新誘因によって一斉に形成されたことを示すと考えられる.

(4) 130 年前の樹木更新

谷底内段丘上に生えるトドマツの最大径は 80 cm で, (1) で記したトドマツ樹齢から直径比で推定すると, $80/35 \text{ cm} \times 54 \text{ 年} = 123 \text{ 年}$ で, 段丘上のトドマツの芽生えは 1891 年と試算される. より古い樹木が見当たらないので, この頃, 樹林更新が起こったと推定される. 微高地の樹林は大洪水によって破壊されたが, 洪水堆積物上に新たにトドマツ林が形成されたと考えられる.

(5) 形成史

1739 年にできた火砕流台地は, 下刻のため深さ 15 m ほどの平底谷を形成した. その時の谷底は, 現谷底の 2 ~ 3 m ほど下位にあると, 筆者は考えている (図 3 緑破線).

その後は堆積が続き, 1890 年頃の大洪水が樹木の更新を起こし, トドマツ林が厚さ 5m ほどの洪水堆積物の上面に芽生えた (図 8 左側の 1890 ? 青破線).

1950 年 8 月の超記録的な豪雨によって谷底が再び洗掘され (図 8 : 1850 ? 褐色破線). トドマツやケヤマハンノキからなる更新樹林が形成された. それらの樹齢は, 50 ~ 60 年となっている.

その後, この 1950 年 8 月下刻谷底に 6 層の洪水堆積物が順に堆積したが, 2014 年 9 月豪雨により再び洗掘された.

3-6. S-8 付近

苔の洞門直下流の S-8 付近では, 1739 年火砕流堆積物を下刻した幅約 30 m, 高さ約 15 m の箱状谷が形成されている (図 13).

(1) 崩落岩塊上のエゾマツ

右岸側に大きな崩落岩塊 (高さ約 4 m) がある (図 10 の左). 岩塊上のエゾマツの樹齢は 150 年とされるので¹⁷, 崩落の発生は 1850 年代と考えられる.

(2) ケヤマハンノキ林

左岸側の比高約 3 m の段丘にはケヤマハンノキ優勢の溪畔林が形成されていた (図 9 の右側). そのうち 1 本のケヤマハンノキは, 根元 (ϕ 30 cm) における年輪から樹齢は 30 年で, 段丘が 1981 年 8 月豪雨の洪水堆積面 (層厚約 1 m) であることを示す.

¹⁴ 同日の支笏湖畔の観測では日降水量 69.5 mm, 最大 1 時間降水量 23 mm と少ないが, 森野側で多雨だった可能性もある.

¹⁵ 平底谷は谷幅に比べて著しく浅い河谷で, 幅広い平坦な谷底低地をもつ. (「地形の辞典」による)

¹⁶ 洪水によって破壊された林の跡に新たな世代の林が形成されることを, 本稿では「洪水更新」と呼ぶ.

¹⁷ 一般財団法人自然公園財団支笏湖支部「苔の洞門パンフレット」

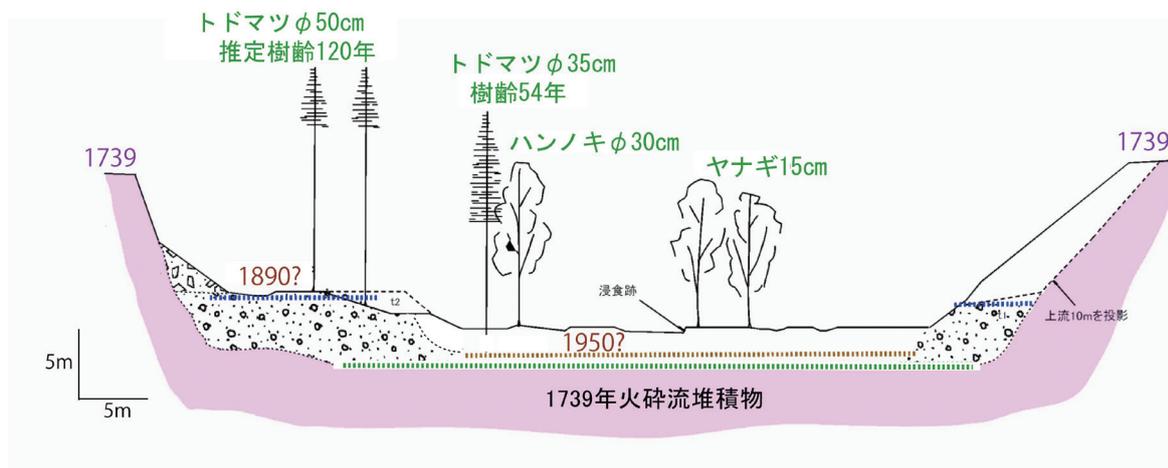


図 8. S-6 断面¹⁸の樹木年代と谷底の変化（最低位谷底の推定ライン：褐色破線下の緑破線）

この堆積面は、2014年9月豪雨による下刻によって現谷底より3mほど高い段丘となった。

(3) 洪水堆積物

洪水の2年前は砂礫からなる谷底が広がり、そこに一本の埋没カエデ¹⁸が生えていた(図11[右])。当時の谷底砂礫の新鮮さは洪水堆積がきわめて新しいものであることを示していた。おそらく、2011年8月の大雨によるものだろう。

この河床は2014年9月洪水により洗掘され、高さ2mの埋没樹幹が露出した(図11[左])。

埋没カエデの最上位不定根(年輪13本)は紅白ポール上端から80cmほど下位にあり、露頭③層上位の腐植層にあたることを確認された(図12)。したがって、③層が2001年の洪水堆積物に対応すると考えられる。露頭中～下部の厚い⑤層は、対岸の段丘を形成した1981年8月洪水堆積物に対比できる。

これらのことから、1981年8月洪水時には2014年の下刻谷底よりさらに深い位置にあった谷底に埋没カエデが成長したと推定される。その谷底は1950年8月豪雨の下刻によるものと、筆者は考えている。



図 9. ケヤマハンノキと埋没カエデ(写真右の谷底内段丘にケヤマハンノキ優勢林。左に埋没カエデ、その奥のエゾマツが図10の崩落岩塊：図12に示す「落石」紅白ポール上端が洪水前の地表、そこから80cmほど下の髭状の根が不定根。洪水の洗掘により2mほどカエデ樹幹が現れた。)

1950年8月の下刻谷底は1981年8月洪水によって厚く埋積されたが、2014年9月洪水により谷底を1981年以前のレベルに下げたのである。

(4) 箱状谷の形成は1850年代以前か

谷壁崩壊は谷底が形成されて谷壁を侵食することによって発生するので、崩落岩塊の存在は谷型完成後に起こった谷壁の不安定化を示すものとなる。

(1)で記した崩落岩塊の年代から1850年代には既に箱状谷が不安定し岩盤崩落が発生していたので、箱状谷の完成は1850年代より更に古いと考えられる。

当時の谷底を推測できるデータは得ていないが、埋没カエデの主根が2014年の下刻谷底より2～3mほど深いと仮定すると谷型は谷底幅約30m・深さ17mほどとなる(図13)。



図 10. 崩落岩塊上に生えたエゾマツ

¹⁸ 地形断面図は下流から見て作成した。従って図の左が右岸、右が左岸である。

¹⁹ イタヤカエデと思われるが、鑑定依頼時は落葉のため確認できなかったため、「カエデ」と表記する。



図 11. 埋没カエデの今昔 [左] 2014年11月6日 [右] 2012年5月24日(赤破線が2014年9月洪水前の谷底)

(5) 30年前の樹木更新の年代

(2) で記したように、S-8 付近のケヤマハンノキ優勢林は、層厚約 1 m に及ぶ 1981 年 8 月豪雨の洪水堆積物の上面に成立していた (図 13)。

これらの地点のケヤマハンノキは樹齢 30 年ほどの一斉林となっていることから、1981 年 8 月の大雨による洪水が樹木更新を起こしたと考えられる。その雨は、支笏湖畔では日降水量 248 mm で観測史上第 4 位 (表 1)、最大 1 時間降水量は 37 mm であった。

(6) 形成史

箱状谷は 1850 年代以前に形成されており、斜面の緩みや脚部の洗掘が進行した 1850 年代に岩盤崩壊が発生した。

埋没カエデは、年代データが得られていないが、1981 年 8 月の洪水堆積物に埋積されていたことから、1950 年 8 月苦小牧豪雨による下刻谷底に育ったと考えられる。

その谷底を 1981 年および 2012 年洪水堆積物などが埋積し、谷底を 5 m ほど高くした。この堆積面にケヤマハンノキ林が成立した。

ところが、2014 年 9 月豪雨により 3m ほど洗掘されて、埋没カエデの樹幹が現れるとともに、左岸側の洪水

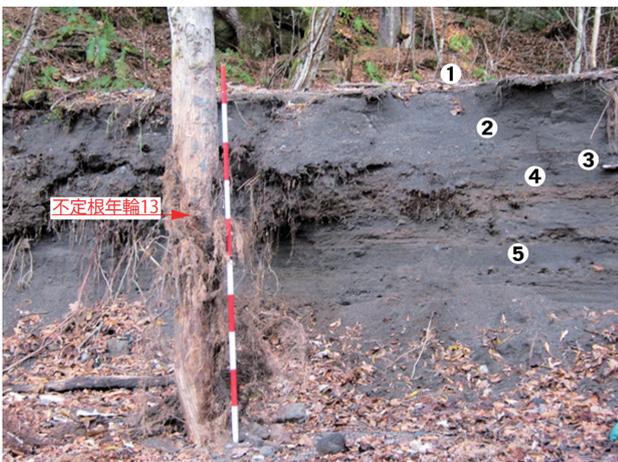


図 12. 埋没カエデの不定根と洪水堆積物の区分

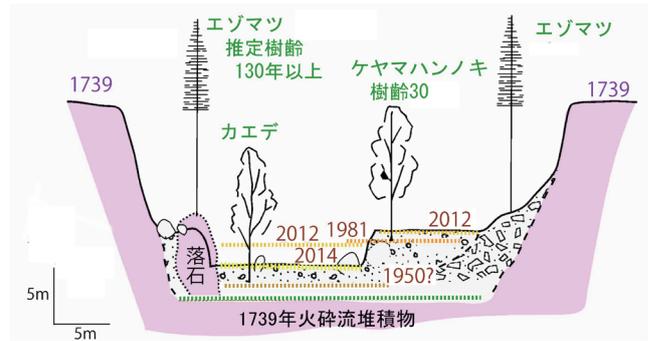


図 13. S-8 断面の樹木年代と谷底の変化

堆積物が洗掘を免れて段丘化した。

4. 苔の洞門沢下流の形成史

洞門の下流域では、上流部 (S-7 ~ S-8) は高さ 15 m ほどで幅約 30 m の箱状谷，中～下流部 (S-1 ~ S6) は高さ約 5 ~ 12 m で幅約 55 ~ 75 m の平底谷となっている。

4-1. 1950 年以前

苔の洞門沢の形成初期に、表層で浅谷が造られ、下位の弱溶結凝灰岩を下刻する谷の形成が始まった。石丸ほか (2002) は、噴火直後に下刻が進行したと述べている。一方、苔の洞門沢下流においては湖畔から谷頭侵食が上流へ進み、浅谷から平底谷へと変容、最低位谷底が形成されたと考えられる (図 8)。

苔の洞門直下の箱状谷の形成は、3-6 (4) で記したように 1850 年代以前と推定される。このことから、上述の侵食が既に緩慢になっていた²⁰と考えられる。

その後、上流域から大量の土砂²¹が供給され、厚さ 5m もの洪水堆積物が形成された。1890 年頃には堆積面上に、推定樹齢 120 年のトドマツ林が成立した。

その後、再び下刻が進行し、1890 年頃の堆積面より数 m も低い 1950 年 8 月谷底 (最低位谷底) が形成された。古い堆積面は段丘化し (谷底内段丘)、谷底には樹齢 50 ~ 60 年のトドマツやケヤマハンノキなどの更新樹林が形成された。

²⁰ 最近の侵食観察例からも弱溶結凝灰岩の侵食はほとんど起こっていないと考えられる。2001 年 8 月豪雨後の観察では下刻や側刻現象は認められていないし (石丸ほか 2002)、2014 年 9 月豪雨でも側壁の苔の一部が剥がされたくらいで、谷底の侵食は認められなかった。

²¹ 樽前山 1874 (明治 7) 年の噴火で火砕流が発生し、苔の洞門沢上流域に堆積した。この火砕流堆積物が侵食されて、流下した可能性がある。

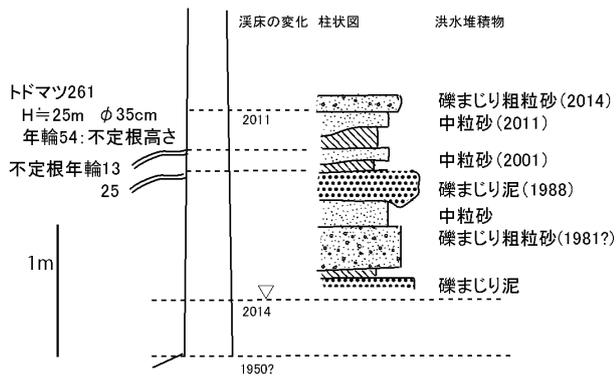


図 14. S-6 測線の年輪年代と洪水堆積物の編年

4-2. 1950 年以降

2014 年 9 月の下刻谷壁には、1950 年以降の洪水堆積物が露出していた。

不定根位置・年輪数と洪水堆積物の対比により、上位から 2014 年・2011 年・2001 年・1988 年の洪水堆積物が確認された。また、最下位の礫まじり粗粒砂は 1981 年 8 月の洪水堆積物と考えられる (図 14)。

以上から、1950 年洪水による最低位谷底の形成後は堆積が続き、1981 年以降には 6～7 年に 1 回ほどの頻度で洪水堆積物が累重し、厚さ 2 m ほどの堆積層が形成されたことが確認できた。

ところが、2014 年 9 月の洪水はその大半を下刻し、ふたたび谷底低下を惹き起したのである。

4. まとめ

崩落岩塊上のエゾマツ樹齢から箱状谷の完成を 1850 年代以前、谷底内段丘の完成年代を直径比による樹齢推定から 1890 年頃と考えた。なお、洞門下流では 2014 年頃に段丘が形成されている。

苔の洞門沢下流における 1981 年以降の洪水堆積物年代を不定根樹齢により推定した。

洪水による谷底の下刻と洪水堆積物の形成によって引き起こされた樹木の更新が、1890 年頃、1950 年頃、1981 年に起こったと考えられる。1950 年苫小牧豪雨による苔の洞門沢での大洪水を想定すると、下流での大

規模な樹林更新を説明することができる。しかし、それを示すデータは少ない。

苔の洞門形成史の前史も不明な点が多いが、1950 年以降についてはおおまかに理解できた。前史や詳細の解明は、今後に残されている。

謝辞

年輪測定を許可して頂いた関連機関、現地作業を手伝って頂いた苔の洞門研究会 (代表 若松幹男氏) の皆さま、10 年間にわたって溪流調査の機会を与えて頂いた防災地質工業㈱に謝意を表します。

また、牧口 梓さんの北海道教育大学札幌校の卒業研究成果、とくにルートマップと断面図は大きな手助けになりました。同氏および指導教官であった岡村 聡名誉教授に改めて謝意を表します。

<文献>

- 東 三郎, 1979, ヤナギの不定根『地表変動論』(北海道大学図書刊行会).
- 新谷 融, 1971, 荒廃溪流における土石移動に関する基礎的研究. 北海道大学農学部演習林研究報告, 28(2), 193-258.
- 新谷 融・西山泰広, 1989, 樽前山麓の土砂害防止に関する研究. 北海道大学農学部演習林研究報告, 46(2), 271-285.
- 石川俊夫・横山 泉・勝井義雄, 1972, 『樽前山』(北海道防災会議)
- 石丸 聡・高見雅三・岡 孝雄, 2002, 2001 年 6 月に発生した「苔の洞門」の谷壁岩盤崩落 (北海道立地質研究所報告 73, 209-215).
- 牧口 梓, 2012, 樽前火山の 1739 年火砕堆積物が形成した苔の洞門について (北海道教育大学卒業論文)
- 日本地形学連合編 (鈴木隆介・砂村継夫・松倉公憲責任編集), 2017, 『地形の辞典』(朝倉書店).
- 千歳市産業振興部観光振興課, 2014, 『苔の洞門 (パンフレット)』(一般財団法人自然公園財団).

