

令和 7 年度  
火打山高谷池・天狗の庭湿原  
環境調査実施計画作成業務

報 告 書

令和 8 年 3 月

生命地域妙高環境会議  
株式会社グリーンシグマ



# 目 次

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 1. 業務概要                          | 1  |
| 1-1. 業務の目的                       | 1  |
| 1-2. 業務期間                        | 1  |
| 1-3. 業務の実施場所                     | 1  |
| 1-4. 業務内容                        | 3  |
| (1) 計画書作成                        | 3  |
| (2) 資料収集・整理                      | 3  |
| (3) 現地における環境調査の手法検討及び実施計画（案）の作成  | 3  |
| (4) 業務打合せ                        | 3  |
| (5) 報告書作成                        | 3  |
| 1-5. 成果物                         | 3  |
| 1-6. 業務スケジュール                    | 3  |
| 1-7. 品質確保のための計画                  | 4  |
| 1-8. 業務実施体制                      | 4  |
| 2. 資料収集・整理                       | 5  |
| 2-1. 高谷池と天狗の庭の景観                 | 5  |
| 2-2. 既存文献                        | 6  |
| (1) 日本の湿原や気候変動に関する文献一覧           | 6  |
| (2) 山岳湿原の現状                      | 8  |
| (3) 成立要因による湿原の種類                 | 9  |
| (4) 気候変動に対する湿原及び周辺植生の応答          | 10 |
| (5) ササ属植物の侵入による影響                | 14 |
| (6) 空中写真による植生の経年比較               | 18 |
| (7) 気候変動にともなう山岳地域の気象の変化          | 19 |
| (8) 人為的な生態系管理における留意点             | 19 |
| (9) 既存文献から得られた知見のまとめ             | 22 |
| 2-3. 植生                          | 23 |
| (1) 高谷池及び天狗の庭の植生に関する文献一覧         | 23 |
| (2) 現存植生図                        | 24 |
| (3) 植生調査                         | 39 |
| (4) 定点写真の経年比較                    | 43 |
| (5) 植生変化に関連する記載                  | 46 |
| (6) 高谷池・天狗の庭における植生変化のまとめ         | 50 |
| 2-4. 気象                          | 52 |
| (1) 解析に用いた気象データ                  | 52 |
| (2) 解析結果                         | 54 |
| (3) その他の情報（高谷池周辺）                | 85 |
| (4) まとめと課題                       | 91 |
| 2-5. 問題点の整理                      | 92 |
| 3. 現地における環境調査の手法検討及び実施計画（案）      | 93 |
| 3-1. 環境省のモニタリングサイト 1000 における湿原調査 | 93 |
| (1) 植生調査                         | 93 |
| (2) 物理環境調査                       | 94 |
| (3) 定点撮影調査                       | 96 |
| (4) 調査体制                         | 96 |
| 3-2. 環境調査手法の検討                   | 97 |
| (1) オルソ画像・植生図の作成                 | 98 |
| (2) 池塘分布図の作成                     | 99 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| (3) 植生調査 .....               | 99         |
| (4) 気象観測 .....               | 100        |
| (5) 地下水位観測 .....             | 101        |
| (6) 積雪深観測 .....              | 102        |
| (7) 積雪深の分布調査 .....           | 105        |
| (8) 残雪の分布調査 .....            | 106        |
| (9) 景観の定点撮影 .....            | 106        |
| (10) 大型哺乳類調査 .....           | 107        |
| 3-3. 有識者ヒアリングの必要性 .....      | 108        |
| <b>4. 実施計画案 .....</b>        | <b>109</b> |
| 4-1. 目的 .....                | 109        |
| 4-2. 現地における環境調査 .....        | 109        |
| 4-3. 解析・評価 .....             | 109        |
| 4-4. 保全対策の検討 .....           | 109        |
| 4-5. 有識者ヒアリング .....          | 109        |
| 4-6. 実施工程 .....              | 110        |
| 4-7. 課題（長期モニタリング体制の構築） ..... | 110        |

## 1. 業務概要

### 1-1. 業務の目的

妙高戸隠連山国立公園は平成 27 年 3 月に上信越高原国立公園から分離独立して、新たに指定された国立公園である。その中に位置する火打山は、日本百名山にも選定されており、妙高山、焼山と合わせた頸城三山を形成するとともに、妙高戸隠連山国立公園内における最高峰の標高 2,462m の山である。

また、火打山は、活火山の焼山と成層火山の妙高山に挟まれた非火山で、なだらかな山容を呈していることや、国の天然記念物ライチョウ（環境省絶滅危惧ⅠＢ類）が生息していることが特徴であるほか、標高 2,100m 地点には「高谷池湿原」や「天狗の庭」と称される高層湿原（以下、「高層湿原」という。）が広がっており、ハクサンコザクラに代表される高山植物の宝庫としても知られている。

現在、生命地域妙高環境会議では、ライチョウ生息環境保全事業として火打山における各種調査をはじめ、自然環境を保全するためのさまざまな活動等を実施しているが、これらの取組の中で、高層湿原における陸地化の進行によって湿原部分が減少している状況が確認されており、高層湿原が織りなす景観や周辺植生等への影響が懸念されている。

こうしたことから、高層湿原の保全対策等の必要性を検討するため、本業務では、各種資料による高層湿原の環境変化の状況を把握するとともに、対策案を検討するために必要な調査について、手法等の検討を行うものである。

### 1-2. 業務期間

令和 7 年 12 月 23 日から令和 8 年 3 月 31 日まで

### 1-3. 業務の実施場所

妙高市内ほか（火打山高谷池・天狗の庭周辺：図 1-1）。



図 1-1 業務対象地点位置図

## 1-4. 業務内容

### (1) 計画書作成

本業務の着手にあたり、実施スケジュール等を示した工程表を作成した。

また、工程表の作成にあたっては、(4)に定める打合せを行った。

### (2) 資料収集・整理

高層湿原における現況及び環境変化の状況を把握するため、高層湿原周辺における過去の植生に関する資料（植生図等）を収集し、その推移を把握した。また高層湿原周辺における過去の気象データ（気温、降水量、積雪深等）を収集し、整理を行った。

その他に、高層湿原の環境変化への対策等に関する既存文献等を調査し、知見の整理や今後、現地調査などに必要となる情報をまとめた。

### (3) 現地における環境調査の手法検討及び実施計画（案）の作成

(2)で収集・整理した資料を踏まえ、令和8年度以降に実施すべき現地調査の手法を検討するとともに、実施計画（案）を作成した。

### (4) 業務打合せ

業務の適切な遂行を図るため、次の①から③に掲げる段階で打合せを行うものとした。打合せ方法は対面又はオンラインとした。受託者は、打合せ内容を記録し、打合せ終了後速やかに担当者に提出した。

- ① 業務着手時
- ② 成果物最終案作成時
- ③ その他、業務の適切な遂行に必要な時

### (5) 報告書作成

上記の業務結果についてとりまとめた報告書を作成した。

## 1-5. 成果物

紙媒体：報告書及び実施計画（案） 3部（A4版 50頁程度）

電子媒体：報告書の電子データを収納した電子媒体（DVD-R等） 2式

提出場所：生命地域妙高環境会議事務局（妙高市環境生活課内）

## 1-6. 業務スケジュール

業務工程を表 1-1 に示す。

表 1-1 業務工程表

| 項 目                            | 時 期 | 令和7年        | 令和8年 |    |    | 備考 |
|--------------------------------|-----|-------------|------|----|----|----|
|                                |     | 12月         | 1月   | 2月 | 3月 |    |
| (1)計画書作成                       |     | ■           |      |    |    |    |
| (2)資料収集・整理                     |     |             |      |    |    |    |
| ・植生に関する資料の収集・植生の推移の把握          |     |             | ■    |    |    |    |
| ・気象データの収集・整理                   |     |             | ■    |    |    |    |
| ・既存文献の収集・整理                    |     |             | ■    |    |    |    |
| (3)現地における環境調査の手法検討及び実施計画(案)の作成 |     |             |      | ■  |    |    |
| (4)業務打合せ                       |     | ■           |      |    | ■  |    |
| (5)報告書作成                       |     |             |      |    | ■  |    |
| ISO QMSの運用                     |     | レ           |      |    | 照査 |    |
|                                |     | レ:レビュー、照:照査 |      |    |    |    |

### 1-7. 品質確保のための計画

適正な業務管理、ならびに成果物の品質確保のため、ISO9001：2015 の品質マネジメントシステム（QMS）に基づく、株式会社グリーンシグマの品質マニュアルに従って業務を行う。具体的なレビュー、照査時期を表 1-1 に示す。レビューは、着手時、中間時に調査計画やとりまとめ方針について、社内協議を行う。照査は、現地調査実施時期に月例の工程、実施内容のチェックを行った。

### 1-8. 業務実施体制

#### 【発注者】

生命地域妙高環境会議 事務局（妙高市環境生活課内）

〒944-8686 妙高市栄町 5 番 1 号 TEL 0255-74-0033

主事 安原 直輝

#### 【受託者】

株式会社グリーンシグマ

〒950-2042 新潟県新潟市西区坂井 700 番地 1

TEL 025-211-0010（代表） 025-211-0015（環境調査室）

山浦 知雄

漆崎 隆之

戸貝 あかり

須貝 凌

## 2. 資料収集・整理

### 2-1. 高谷池と天狗の庭の景観

火打山及び高谷池と天狗の庭の湿原は、その優れた景観から新潟県による「新潟のすぐれた自然」<sup>1</sup>に選定されるなど、自然の素晴らしさを書籍<sup>2</sup>等でも紹介されている。ここでは資料収集・整理に先立ち、これらの書籍から高谷池と天狗の庭の景観の特徴についての記述を以下に引用した。

- ・ 妙高山地（非火山性の最高峰、火打山を含む）には、多くの湿原や池沼が散在する。この中で、池沼から湿原を経ての陸化過程が比較的よく分かるのは、火打山（2,462m）の南西方向1～2km区間に位置する天狗の庭から高谷池にかけての地域である。
- ・ この地域は標高2,090～2,130mで、火打山を形成する中期中新世の火打山層（主として黒色砂質頁岩と砂岩の互層）を不整合におおう更新世前期の前妙高火山溶岩（輝石安山岩）からなり、起伏の著しく小さいことを特徴としている。
- ・ 雷菱火山の溶岩流の窪地、凹地などに湛水した湿原が存在し、泥炭層の堆積にも関わらず大きな池塘（ブレンケ）を残す天狗の庭（2,115m）、泥炭層の集積がやや進んだ高谷池（2,105m）、及び両者の中間に位置して高谷池より約25m高く、ほとんど陸化した高谷野池（小天狗の庭：2,130m）など変化に富んでいる。
- ・ 高谷野池には、天狗の庭よりの高まりにやや大きめの池塘が1つみられる他はところどころに岩塊が散在している。岩塊の間には、ミヤマキンバイ、ハクサンコザクラ、イワイチョウなどの湿生高山植物が大群落をなし、背後のオオシラビソ林と調和して自然庭園の趣すらある。
- ・ 天狗の庭・高谷池の凹地には大小無数の池塘が散在し、景観的にも背景の火打山と調和して大変美しく、妙高火山群の楽園といえる。
- ・ なお、天狗の庭は北西の鍋倉谷、高谷池は南西の高野尻谷へそれぞれ排水している。

---

<sup>1</sup> 鈴木郁夫(1983) 火打山南東斜面の高山景観. 新潟のすぐれた自然 地形・地質編, 116-118, 新潟県生活環境部 自然保護課

<sup>2</sup> 鈴木郁夫(2012) 妙高山・火打山. 図説日本の山 -自然が素晴らしい山 50選-(小泉武栄編), 60-62, 朝倉書店

## 2-2. 既存文献

### (1) 日本の湿原や気候変動に関する文献一覧

日本の湿原や周辺植生と気候変動の関係についての既存文献を収集し、湿原に関する基礎的知見や、高層湿原の環境変化への対策等に関する知見の整理を行った。収集した文献の一覧を表 2-1～表 2-2 に示す。

表 2-1 湿原に関する文献一覧(1/2)

| No. | 発行年  | 著者・発行                             | 文献                                                                                  |
|-----|------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 1986 | 高桑純・伊藤浩司                          | 湿原におけるササの生態的動向. 北海道大学大学院環境科学研究科邦文紀要 2:47-65                                         |
| 2   | 1992 | 金澤洋一・九島宏道・北原曜・斉藤武史・太田誠一・大友玲子・田淵隆一 | 高層湿原の植生及び陸化過程に及ぼす環境変動の影響予測. 森林総合研究所『平成4年度 研究成果選集1992』                               |
| 3   | 1997 | 矢島崇・渡辺訓男・渋谷正人                     | チシマザサとクマイザサの稈高と地上部・地下部器官量の変化. 日本林学会誌 79(4):234-238                                  |
| 4   | 2001 | 安田正次・沖津進                          | 上越国境平ヶ岳湿原乾燥化の一因としての積雪深経年変動. 千葉大学園芸学部学術報告 55:43-47                                   |
| 5   | 2001 | 安田正次・沖津進                          | 上越山地平ヶ岳湿原の乾燥化に伴うハイマツ・チシマザサの侵入. 地理学評論Ser.A 74(12):709-719                            |
| 6   | 2006 | 安田正次・沖津進                          | 上越国境山地における積雪の長期変動 —平ヶ岳の植生変化に関連して—, 地理学評論 79(10):503-515                             |
| 7   | 2007 | 安田正次・沖津進                          | 東日本日本海側多雪山地における山地湿原の縮小要因. 食と緑の科学 61:1-5                                             |
| 8   | 2007 | 安田正次・大丸裕武・沖津進                     | オルソ化航空写真の年代間比較による山地湿原の植生変化の検出. 地理学評論 80(13):842-856                                 |
| 9   | 2008 | 安田正次・大丸裕武                         | 航空写真を用いた山地湿原の面積変化の検出. 日本地理学会『日本地理学会要旨集』2008年度日本地理学会春季学術大会:140                       |
| 10  | 2009 | 大丸裕武・安田正次                         | 地球温暖化と山地湿原. 地球環境 14(2):175-182                                                      |
| 11  | 2009 | 安田正次・大丸裕武                         | 東日本における湿性草原の植生変化. 日本地理学会『日本地理学会発表要旨集』2009年度日本地理学会春季学術大会:7                           |
| 12  | 2010 | 安田正次                              | 湿原の面積をはかる —湿原と森林の境界線の移動の計測—. 森林科学 59:39                                             |
| 13  | 2010 | 安田正次・大丸裕武                         | 奥利根・奥只見の湿原における植生変化の比較検討. 日本地理学会『日本地理学会発表要旨集』2010年度日本地理学会春季学術大会:94                   |
| 14  | 2010 | 星野仏方・工藤岳・米森舞乃・雨谷教弘・金子正美・矢吹哲夫      | 山岳生態系における植生変動の定量化に関する研究 —北海道大雪山系五色ヶ原を例として. 酪農学園大学紀要 自然科学編 35(1):47-53               |
| 15  | 2010 | 嶋崎仁哉                              | 航空写真からみる八甲田山の植生変化:過去30年間で何が変わったか. 北海道大学HUSCAP 『シンポジウム 北の山で何が起きているのか:変容の持続的観測』会議発表資料 |
| 16  | 2012 | 安田正次・大丸裕武                         | 奥黒部の植生変化の観測. 砂防学会誌 64(6):62-65                                                      |
| 17  | 2014 | 工藤岳                               | 気候変動下での山岳生態系のモニタリングの意義とその方向性. 地球環境 19(1):3-11                                       |
| 18  | 2014 | 金子正美・星野仏方・雨谷教弘                    | 空間情報を用いた高山帯の植生変化と環境変動のセンサス. 地球環境 19(1):13-21                                        |
| 19  | 2014 | 川合由加・工藤岳                          | 大雪山国立公園における高山植生変化の現状と生物多様性への影響. 地球環境 19(1):23-32                                    |
| 20  | 2014 | 小熊宏之・井手玲子                         | 自動撮影カメラを用いた高山植生の季節性のモニタリング. 地球環境 19(1):79-86                                        |

表 2-2 湿原に関する文献一覧(2/2)

| No. | 発行年  | 著者・発行          | 文献                                                                                                                                                             |
|-----|------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21  | 2014 | 安田正次・大丸裕武      | 黒部川源流部における植生変化とその気候的要因. 日本地理学会『日本地理学会発表要旨集』2014年度日本地理学会春季学術大会 : 277                                                                                            |
| 22  | 2014 | 安田正次・大丸裕武      | 上越国境山地平ヶ岳における湿原の分布要因. 地理学評論 87(1):1-16                                                                                                                         |
| 23  | 2016 | 吉田めぐみ・高橋一臣・大宮徹 | 空中写真解析からわかった立山室堂平におけるササ群落の増加. 富山県中央植物園研究報告 22:9-17                                                                                                             |
| 24  | 2017 | 安田正次           | 八幡平山系の山地湿原の気候変動への応答. 日本地理学会『日本地理学会発表要旨集』2017年度日本地理学会春季学術大会 : 115                                                                                               |
| 25  | 2018 | 雨谷教弘・金子正美      | 大雪山五色ヶ原におけるチシマザサ拡大域の地形的特徴の解析と潜在的に拡大しやすい立地の抽出. 日本リモートセンシング学会誌 38(4):337-343                                                                                     |
| 26  | 2018 | 工藤岳・雨谷教弘       | 高山帯におけるササの分布拡大メカニズムと生態系への影響. 地球環境 23(1)(2):17-26                                                                                                               |
| 27  | 2018 | 佐々木夏来          | 山岳湿地の立地と環境変動に関する研究. 国土地理協会『第18回学術研究助成』                                                                                                                         |
| 28  | 2019 | 佐々木夏来          | 奥羽山脈における山岳湿地の形成と発達に与える地すべり地形の発達と気候変動の影響. 東京大学博士論文                                                                                                              |
| 29  | 2019 | 鈴木啓助           | わが国の山岳地域における最近の水文学研究. 地下水学会誌 61(3):207-215                                                                                                                     |
| 30  | 2019 | 鈴木啓助・佐々木明彦     | 中部山岳地域における気象観測網の展開. 地学雑誌 128(1):9-19                                                                                                                           |
| 31  | 2022 | 工藤岳            | 日本の高山植物 どうやって生きているの?. 光文社                                                                                                                                      |
| 32  | 2023 | 佐々木夏来          | “地形学で予測する山岳湿地の未来図”. Meiji.net<br><a href="https://www.meiji.net/life/vol469_sasaki-natsuki">https://www.meiji.net/life/vol469_sasaki-natsuki</a> (参照2026年2月4日) |
| 33  | 2025 | 鈴木啓助           | 日本アルプス周辺地域における気温変動の季節による差異:近年の冬は暖かくなっていない. 山の科学 8:1-16                                                                                                         |
| 34  | 2025 | 文部科学省及び気象庁     | 日本の気候変動2025 —大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書—(詳細編).                                                                                                                      |
| 35  | 2025 | 生命地域 妙高環境会議    | 令和6年度 妙高戸隠連山国立公園火打山周辺におけるライチョウ生息地回復調査業務報告書.                                                                                                                    |

## (2) 山岳湿原の現状

日本各地の山岳地域に存在する湿原（以下、「山岳湿原」という：平ヶ岳湿原、大雪山五色ヶ原湿原、会津駒ヶ岳湿原など）では、表 2-3 のように湿原の乾燥化、面積の縮小、植生分布の変化などが報告されている（文献 8、9、13、19）。これらの要因として複数の文献で指摘されているのが、気候変動に起因する山岳地域での降雪量や積雪量の減少である（文献 4、6、7）。

年最大積雪深と消雪日には密接な関係があり、年最大積雪深が減少すると、消雪日が早まることが報告されている（文献 6）。融雪水によって維持されている源田ヶ岳の三ツ沼東湿地では、5 月下旬に融雪し、6 月中旬の梅雨時期まで残雪による涵養が継続していたことが確認されている。地下水による安定的な涵養がない湿原の場合は、融雪時期が早期化し十分な涵養水が得られなくなると、湿原の縮小が生じる可能性があると言われている（文献 27）。

また、八幡平の湿原群を対象に行われた研究（文献 24）では、積雪や風衝が成立要因である湿原の面積縮小率が高いことが報告されている。これは、積雪量が減少したことで雪圧の減少や積雪期の短縮が起こり、それまで侵入が抑制されていた森林性の植物が生育するようになった結果であると推測されている。

表 2-3 山岳湿原において報告されている問題

| No. | 地域        | 報告されている問題                                                                                                                  |
|-----|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4   | 平ヶ岳       | 十日町・水上・片品の経年積雪深を比較したところ、平ヶ岳の（冬期の季節風の）風上にある片品で1970年代後半から積雪深が減少していた。雪雲が偏在したことで片品の降雪量が減少したためと考えられる。                           |
| 6   | 平ヶ岳       | 年最大積雪深は冬型気圧配置の出現日数と正の相関関係がある。平ヶ岳と似た積雪変動傾向をもつ只見では、冬型気圧配置出現日数が増加傾向だが、年最大積雪深は減少傾向だった。この要因として、冬期の季節風の気温上昇または、上空の寒気の温度上昇が考えられる。 |
| 8   | 平ヶ岳       | 1971～2004年の33年間で湿原面積が10%減少していた。湿原内にはハイマツが侵入し、湿原縁部ではチシマザサが分布を拡大していた。原因として、10年以上の連続的な積雪量の減少が考えられる。                           |
| 13  | 会津駒ヶ岳、平ヶ岳 | 1963～2000年の38年間で湿原面積が70%程度に減少していた。積雪量の減少によって低温、過湿な環境が損なわれ、非湿生 <sup>3</sup> 植物が侵入していると考えられる。                                |
| 19  | 大雪山五色ヶ原   | 1990年以降、高山湿生植物のエゾノハクサンイチゲが急激に衰退し、チシマザサの占める面積が過去30年間で47%拡大した。融雪時期の早期化による土壌の乾燥化が、両種の分布域の変化に影響を及ぼしたと考えられる。                    |

<sup>3</sup> 以下の用語は表記のような意味の違いがあり、文献によってどちらも使用されている場合があるが、本業務では「湿生」に統一した。

「湿性」：湿り気のある性質。湿りやすかったり、水分を必要としたりする性質。

「湿生」：植物が湿潤な場所に生育すること。

### (3) 成立要因による湿原の種類

湿原や湿地\*の成立要因はさまざまで、立地環境によって主な涵養源が異なる（図 2-1）。天水（降雪や降雨）に依存し、気候変動の影響を強く受ける湿原もあれば、地下水による安定した涵養を受けられるものの、地形変化の影響で出現したり消失したりする湿原もある。このように、多様な成立要因の湿原が存在することは、気候変動に対する応答性もそれぞれ異なるため、環境変化に対して多様性の高い生態系が維持できるという点で重要である（文献 32）。

成立要因による山岳湿原の種類を表 2-4 に示す。大丸・安田（文献 10）は、日本の山岳湿原は立地環境によって、地下水涵養型湿原と雪田草原型湿原の 2 種類に大別されるとしている。また、佐々木（文献 27）は、地すべりなどの地形変化によってできた凹地に成立した湿原を「地すべり性湿地」と区分している。地すべり活動が繰り返される中で、湿地が池沼や湿原に変化したり、新たな湿地が形成されたりする（文献 28）。

本業務の対象地である高谷池や天狗の庭は、溶岩流の窪地や凹地に湛水した地下水涵養型の高層湿原であるとともに、多量の残雪が成立要因となる雪田草原型の要素も併せ持つ。後述の植生の項で示すように、両者を包含して湿生草原と呼ぶこともできる。

表 2-4 成立要因による山岳湿原の種類

| 湿原の種類                            | おもな涵養源          | 成立要因・特徴                                                               |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 雪田草原型湿原<br>(平ヶ岳、会津駒ヶ岳、大雪山五色ヶ原など) | 融雪水や雨水          | 周囲よりも遅くまで残雪がある斜面の雪田周辺に成立する。地下水の涵養がないため、降積雪量の多寡による影響を受けやすい。            |
| 地下水涵養型湿原<br>(尾瀬ヶ原湿原など)           | 周囲の斜面からの流入水や地下水 | 台地上の平坦地や湖沼の周辺など排水条件の悪い場所に成立する。地下水の涵養が維持され、降積雪量の多寡による影響を受けにくい。         |
| 地すべり型湿地<br>(菰ノ森大谷地など)            | 地下水             | 地すべり活動で生じた凹地が地下水に涵養されて成立する。降積雪量の影響は受けにくい。局所的な崩壊や侵食といった地形変動の影響を大きく受ける。 |

※用語には下記のような使い分けがあるが、それぞれの湿原または湿地の固有名詞や、特定の文献内で定義されている名称を除き、ここでは「湿原」に統一する。

- ・湿地：排水不良の土地で、常にまたは一時的に湛水する土地の総称
- ・湿原：湿地の中でも特に、多湿・低温の土壤に発達した草原

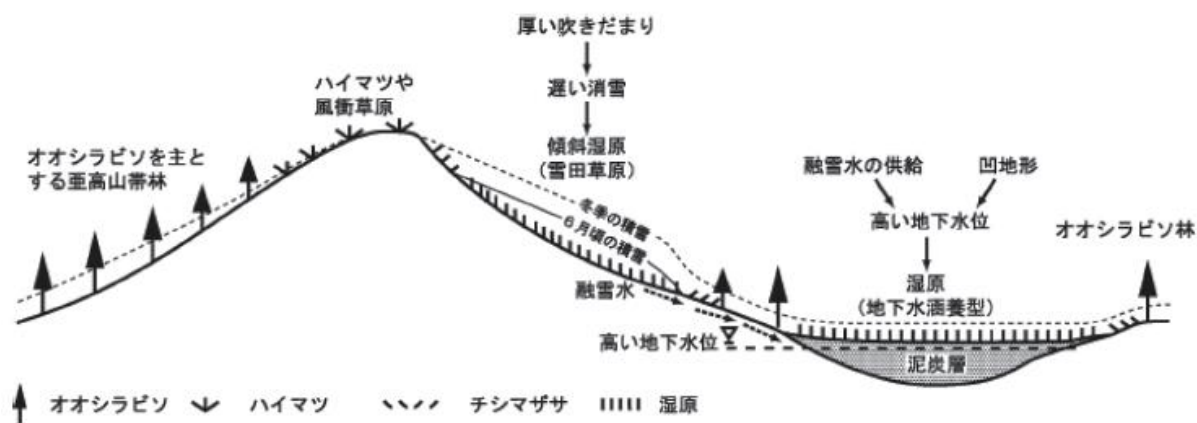


図 2-1 多雪山地にみられる湿原の形成環境の模式図(文献10より引用)

#### (4) 気候変動に対する湿原及び周辺植生の応答

山岳湿原を含む山岳生態系の気候変動に対する応答は、図 2-2 に示すようなステップで進行すると考えられる（文献 17）。気候変動は温度上昇、降水量の変化、積雪環境の変化を引き起こし、生物の生育環境（養分・水分・温度）や生育期間の変化をもたらす。生育環境の変化は、個々の生物の生活環、成長速度、生存率、繁殖活性などに影響を及ぼし（生理生態学的反応）、それぞれの種個体群は拡大あるいは衰退し、より適した環境へと生育場所の移動が生じる可能性もある（個体群生態学的反応）。個体群の応答は群集組成の変化につながり、最終的には広域スケールの種多様性の変化（景観生態学的反応）や遺伝的多様性の変化へと繋がる可能性がある。

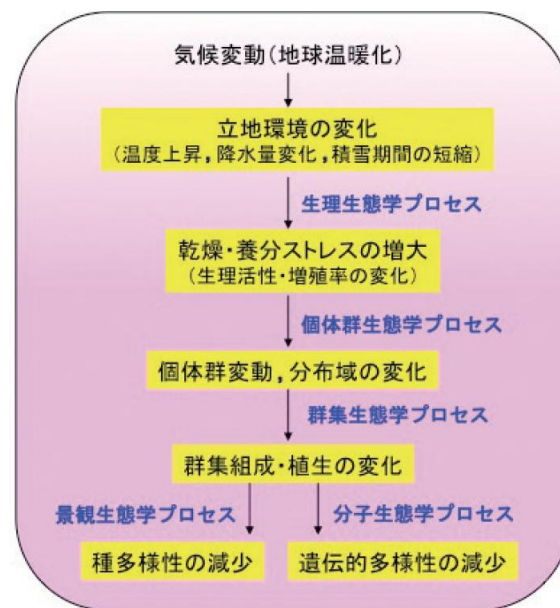


図 2-2 気候変動が陸域生態系に及ぼす生態学的影響のプロセス(文献17より引用)

ここでは山岳湿原に対象を限定し、気温や降雪量、降水量などの気象条件の変化に対して、成立要因や立地環境の異なる湿原がそれぞれどのように応答したか、また同時に、湿原周辺に生育する森林性の植物や非湿生植物がどのように応答し、湿原に影響を及ぼしたかについて調査した研究の概要を以下に示す。

##### ア) 積雪量や降水量が湿原や植生に与える影響

大雪山国立公園における高山植生を対象とした植生変化に関する研究（文献 19）では、世界各地の山岳地域で融雪時期の早期化と積雪期間の減少が報告されているとし、雪解けが早まると融雪水の供給期間が短縮されて土壌乾燥化が起きやすいこと、生育期間の延長により新たな植物が侵入する可能性があることを示している。

山岳湿原において、積雪量や降水量が湿原内の植生やその周辺の植生に与える影響について考察している文献を収集し、以下にそれぞれの概要を示す。また、それらの文献から得られた知見をまとめ、表 2-5 に示す。

表 2-5 積雪量及び降水量が湿原と周辺植生に与える影響

| No. | 文献から得られた知見                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 年最大積雪深が減少すると、消雪日が早まる。</li> <li>・ 積雪深減少の要因は、冬季の季節風の気温上昇または上空の寒気の温度上昇である。</li> <li>・ 残雪による生育期間の短縮は植物にとって大きな影響を及ぼすため、積雪深の減少が結果的に植生の変化にも影響を及ぼす。</li> </ul>                                           |
| 10  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「地下水涵養型湿原」は高い地下水位によって過湿環境が維持され、「雪田草原型湿原」は、残雪によって過湿環境が維持されている。</li> <li>・ 夏季に消雪する時期は冬季の積雪量に影響を受けており、消雪日が早まると、湿原内に非湿生植物が侵入する懸念がある。</li> <li>・ 多雪な山岳地域は、氷河時代に北方から南下してきた植物にとって、貴重な避難地である。</li> </ul> |
| 11  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 山岳湿原は凹地、稜線部、鞍部などの立地環境の違いで面積縮小率が異なる。</li> <li>・ 涵養源が天水のみに限られる稜線部の湿原は、土壤水分量の増減が影響を受けやすい。</li> <li>・ 乾燥傾向の湿原にチシマザサなどの非湿生植物が侵入すると、湿原の面積が縮小する。</li> </ul>                                             |
| 22  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 山岳地域の積雪分布は季節風及び周囲の地形の影響を受け、湿原の分布は積雪分布と一致する。</li> <li>・ 夏季まで残雪がある場所には湿原が成立し、早く消雪する場所には低木林が成立し、積雪が吹き飛ばされるほどの強風が吹きつける場所には、乾燥に適応した草本植物と湿生植物の混生群落が成立する。</li> </ul>                                    |
| 24  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 成立要因が風衝や積雪の湿原、立地環境が尾根や斜面の湿原は面積縮小率が高い。</li> <li>・ 積雪量の減少によって環境条件が緩和されると、周辺に分布している木本植物などが湿原内に侵入する可能性が高くなり、湿原面積の縮小につながる。</li> </ul>                                                                 |

#### ●【文献 6：上越国境山地における積雪の長期変動】

植生の変化が確認されている平ヶ岳において、積雪量がどのように長期変動したかを明らかにし、その要因と植生への影響を考察した。

平ヶ岳の積雪深変動に近い傾向を示す尾瀬沼や只見の観測値及び、平ヶ岳での実測値を用いて年最大積雪深の変動を推定したところ、平ヶ岳では積雪深が 100 年で 92cm 減少していると推定された。また、年最大積雪深と消雪日には有意な相関がみられ、年最大積雪深の減少によって消雪時期が早まっていることが分かった。積雪深が減少した要因は、冬季の季節風の気温の上昇または、上空の寒気の温度上昇であると考えられた。

積雪が植物に与える影響で最も大きいのは、残雪による生育期間の短縮であるとされ、平ヶ岳においても、積雪深の減少が植生の変化に影響を及ぼしていると考えられた。

#### ●【文献 10：地球温暖化と山地湿原】

地球温暖化が山地湿原に与える影響と、温暖化の影響が顕在化する環境の中で山地湿原がもつ機能について考察した。

主に地下水に涵養されている「地下水涵養型湿原」は、凹地に流入する融雪水や降水によって高い地下水位が維持され、過湿な環境が保たれている。一方、「雪田草原型湿原」は、残雪がもたらす低温と融雪水によって過湿な環境が保たれている。

夏季に雪が解けて完全に無くなるタイミングは、夏季の気温よりも冬季の積雪量に影響される。これは、冷夏となった 1993 年及び、酷暑となった 1994 年の 7 月の残雪の大きさを比較して大差ないことから明らかである（図 2-3）。温暖化が山地湿原に与える影響として、降積雪量が減少することで夏季の残雪が縮小し、周辺から非湿原植物が侵入してくることが懸念される。

日本の高山植物は氷河時代に北方から南下し、山岳地に定着したものが多い。そのような植物種にとって、厚い積雪がもたらす疑似的な高山環境は貴重な避難地としての機能を果たしている。

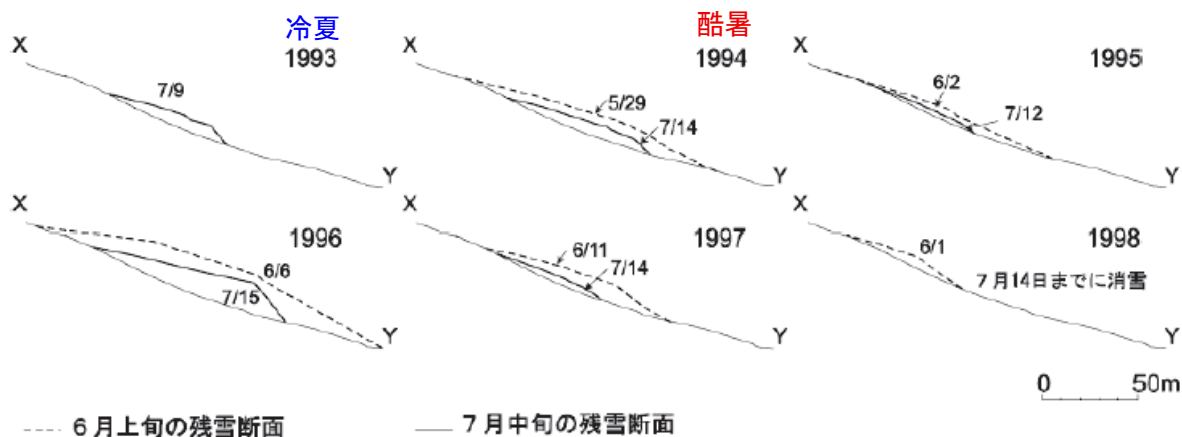


図 2-3 筑森山の雪田草原における6月上旬頃と7月中旬頃の残雪断面の経年変化

#### ●【文献 11：東日本における湿生草原の植生変化】

本州中部以北の山岳湿原における植生面積の経年変化を調査した。

立地環境（凹地、稜線部、鞍部）によって湿原の縮小率（総面積に対して消失した面積の割合）は異なっていた。周辺からの流入水がある湿原と比較すると、涵養源が降雪や降水などの天水に限られる稜線部の湿原は、天水の減少が土壤水分量に反映されやすい。土壤水分量が減少し、乾燥傾向にある湿原にチシマザサなどの非湿生植物が侵入することで、面積の縮小率が高くなった。

本文献において天狗の庭湿原は「凹地」に立地する湿原と分類され、32年間の面積縮小率は7.8%と比較的小さいものであった。なお、植生面積は植生が判別できる航空写真のうち、最も古いものと最も新しいものを使用して比較し、具体的な年度は不明である。

#### ●【文献 22：上越国境山地平ヶ岳における湿原の分布要因】

平ヶ岳山頂周辺部において、冬季の風系と積雪分布の関連について考察し、さらに、積雪分布が湿原及び植生の分布に与える影響を考察した。

積雪分布は、おおむね北西からの季節風の影響を受けていたが、一部では周辺の尾根や谷の向きなどの地形の影響を受けていた。積雪の分布と湿原の分布は対応していた。夏季まで残雪がある場所は湿原となり、積雪が早期に消失する場所にはオオシラビソ低木林が成立していた。しかし、強風で雪が吹き飛ばされるような場所ではオオシラビソ林は発達せず、乾燥に適応した草本種と湿生植物が混生する植生が形成されていた。

湿原は、積雪がもたらす湿潤な環境によって成立すると考えられていたが、一部では、早期に積雪が消失する乾燥した環境に適応した植物によっても構成されていることが明らかとなった。

### ●【文献 24：八幡平山系の山地湿原の気候変動への応答】

八幡平山系（八幡沼から秋田駒ヶ岳にかけて）に分布する湿原群を対象に成立要因や立地環境を整理し、気候変動への応答性を検討した。

成立要因が風衝や積雪である湿原及び立地環境が尾根や斜面である湿原は、面積の縮小率が高かった。近隣の気象観測記録では積雪量の減少傾向がみられており、厳しい気象環境によって木本植物などの侵入が抑えられていたが、気候変動によって環境条件が緩和されたことで、湿原の周辺に生育していた植物が湿原内に侵入した可能性がある。

## イ) 非湿生植物の侵入が湿原に与える影響

### ●【文献 5：上越山地平ヶ岳湿原の乾燥化に伴うハイマツ・チシマザサの侵入】

平ヶ岳湿原では、降雪量の減少に伴って湿原が乾燥化していると指摘され、ハイマツやチシマザサなどの非湿生植物が湿原の縁部へ侵入しているのが確認されている。湿原から周囲の森林性の植生へ、どのように種構成が推移しているかを調査し、乾燥化した湿原に非湿生植物が侵入するメカニズムを考察した。

遮蔽物が少なく、冬季の季節風の影響を強く受ける湿原において、耐風性及び耐寒性が高いハイマツが先駆的に侵入し、群落を形成する。次に、ハイマツ群落によって形成された風衝を受けない環境や、雪の吹き溜まりなどでチシマザサが繁茂する。やがて極端な陽樹であるハイマツは、草丈の高いチシマザサに被陰され生育地を奪われていると考えられた。

チシマザサが優占する湿原縁部より外側には、乾燥に適した低木性樹種の生育がみられたことから、蒸発散量の多いチシマザサが湿原の乾燥化と泥炭の分解を促進することで（文献 2）、湿原内への非湿生植物の侵入がさらに進むと推測された。

### ●【文献 21：黒部川源流部における植生変化とその気候的要因】

黒部川源流部の北ノ俣岳（標高 2,662m）の稜線東側の残雪凹地において、ハイマツなどの木本主体の植生が分布を拡大している要因を明らかにするために、植生変化と気候変化について比較検討した。

新旧の空中写真を比較して植生面積を計測したところ、1969 年から 2005 年の 36 年間でハイマツのパッチ状群落が平均 5%増加していた。積雪日数と夏期降水量は横ばい、冬期降水量は増加傾向であった。気温は夏期、冬期ともに上昇傾向で、これを受けて WI（暖かさの指数）、WI15 の高度（亜高山針葉樹林帯の上限に相当する高度）は上昇傾向だった。

融雪時期は変化していないが、WI15 の高度が約 50 年間で 300m 程度上昇していたことから、北ノ俣岳頂上は亜高山針葉樹林が成立する温度帯に含まれ、ハイマツが生育可能な環境となっていると考えられた。よって、北ノ俣岳の雪田周辺の植生変化は、気温の上昇による立地環境の変化が原因であると推測された。

## (5) ササ属植物の侵入による影響

湿原の乾燥化や植生変化に対して、大きな影響を及ぼしていると考えられるのがササ属植物である。サロベツ湿原、月ヶ湖湿原、大雪山五色ヶ原、平ヶ岳、立山室堂平など各地の湿原でチマキザサやクマイザサ、チシマザサなどのササ属植物が増加傾向にあると報告されている（文献 1、5、8、18、23）。

ササ属植物について調査を行っている文献を収集し、以下にそれぞれの概要を示す。また、それらの文献から得られた知見をまとめ、表 2-6 に示す。

表 2-6 ササ属植物が湿原に及ぼす影響

| No.  | 文献から得られた知見                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1・26 | <p><b>生態</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>チシマザサは、生育する環境（土壌養分の貧富や光条件など）によって、地上部と地下部の乾物重量比を変え、より効率よく養分を獲得できる形態に変化する。</li> <li>ササは地下茎を通じて酸素や栄養塩類を供給することで、過湿な環境へ侵入が可能である。</li> </ul>                                                                                 |
| 19   | <p><b>ササの分布拡大のメカニズム</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>チシマザサが高山生態系で生育可能な立地は、冬期には十分な積雪による保護を受けられ、夏には早く雪が解けて土壌が過湿状態にならない環境であり、大雪山における雪田環境へのチシマザサの拡大は、台地状の水はけの良い立地で顕著である。</li> <li>雪解けの早期化がチシマザサの分布拡大を促し、チシマザサ自身の蒸散作用によりさらに土壌乾燥化が加速する正のフィードバック機構の存在が示唆される。</li> </ul> |
| 19   | <p><b>ササ刈取り実験</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>チシマザサを根際より刈取る処理を 5 年間継続したところ、高山植物の種数、植被率、種多様度指数が大きく向上した。</li> <li>ササ密生地では土壌含水率の季節変動が激しかったが、ササ刈取り区では季節変動が小さく、含水率が 5～10%上昇した。</li> </ul>                                                                            |
| 25   | <p><b>ササの管理手法</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>管理コストが特に制限される高山帯で、植生回復を目的としてササの刈取りなどを行う場合、ササが拡大しやすい地形的特徴を抽出するなど、各地域の特性を反映したリスクマップを活用することは有効な手段である。</li> </ul>                                                                                                     |

### ア) チシマザサの生態

チシマザサは中部以北の多雪山地の森林帯から高山帯まで広標高域にわたって分布し、ササ属植物の中でも最も高標高まで分布する。それが可能な理由のひとつが形態的可塑性の大きさである（文献 3）。

工藤・雨谷（文献 26）によると、森林帯（標高 990m）に分布するチシマザサの総バイオマスは 6.6kg/m<sup>2</sup>で、地上部の乾物重量比が約 70%だったのに対し、高山帯（標高 1,700m）に分布するチシマザサの総バイオマスは 3.4kg/m<sup>2</sup>で、地上部と地下部の乾物重量比は同程度だった（図 2-4）。土壌が発達し、穏やかな環境条件下にある森林帯の林床では、光合成による養分獲得に特化した形態に変化し、反対に、土壌が未発達で厳しい環境条件下にある高山帯では、地下部を発達させて養分や水分を吸収しやすい形態に変化したと考察されている。

高桑・伊藤（文献 1）によると、ササ（クマイザサ、チマキザサ）は土壌が湿潤になると根が酸素不足になり、根量が減少して稈（ササ等の中空で節のある地上茎）が小型化する傾向がみられた。しかし、地下茎によって稈が連絡している植物は、地下茎を通じて酸素や栄養塩類を供給し、過湿な地域へも分布を拡大できる可能性がある指摘している。

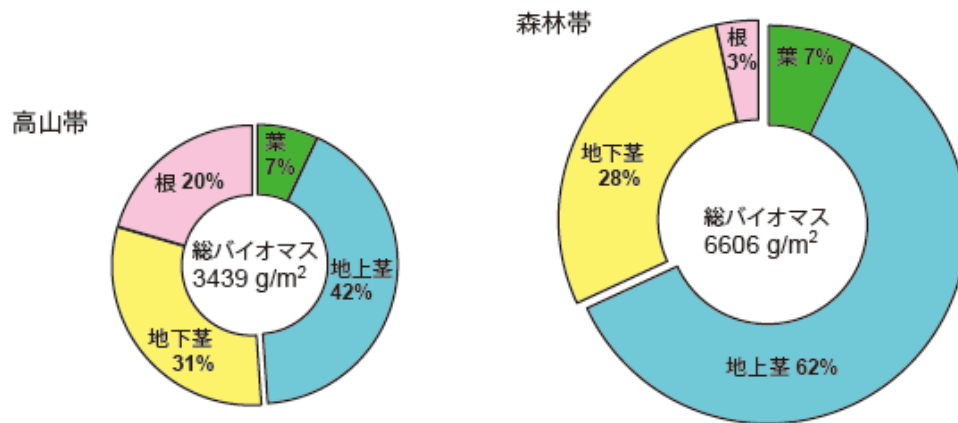


図 2-4 高山帯(標高1,700m)と森林帯(標高990m)における  
チシマザサの乾物重量分配の比較(文献26より引用)

#### イ) チシマザサ分布拡大のメカニズム

各地の高山帯においてチシマザサが分布を拡大しているが、そのメカニズムは以下のよう  
に考察されている (文献 19)。

チシマザサの分布拡大の原因として、融雪時期の早期化がある。チシマザサは本来、多  
雪地域に分布し、越冬芽が地上茎に作られるため冬季の凍害を回避するために冠雪による  
保護が必要である。高山生態系でチシマザサが生育可能な環境は限られ、ほとんど積雪の  
ない風衝地環境では、雪による保護を受けられないため生育できない。一方で、遅くまで  
積雪が残る雪田環境では、生育期間が短く、また融雪水の環境により土壌が加湿状態とな  
るため生育に適さない。したがって、チシマザサが高山生態系で生育可能な立地は、冬期  
には十分な積雪による保護を受けられ、夏には早く雪が解けて土壌が過湿状態にならない  
環境である。大雪山における雪田環境へのチシマザサの拡大は、台地状の水はけの良い立  
地で顕著である。

一旦チシマザサの分布拡大が始まると、蒸散作用により土壌は乾燥化する。雪解けの早  
期化がチシマザサの分布拡大を促し、チシマザサ自身の蒸散作用によりさらに土壌乾燥化  
が加速するという正のフィードバック機構の存在が示唆される。

#### ウ) チシマザサ分布拡大の人為的な管理

湿生草原に侵入したチシマザサに対して刈取りなどの人為的な管理を行った場合、もと  
もとの植生が回復するなど一定の効果があることが分かっている (文献 19、26)。ササの  
分布拡大を人為的に管理するための手法と、その成果についての文献を以下に示す。

#### ●【文献 19：大雪山国立公園における高山植生変化の現状と生物多様性への影響】

大雪山五色ヶ原で 2008 年から 2013 年までチシマザサの刈取り実験を行った。

チシマザサ密生地と未侵入地 (チシマザサパッチの末端部) に 5×5m の調査区を設置し、  
チシマザサの地上部を根際より刈取り、毎年 1 回新たに出芽したシュート (地下茎から伸

びる若芽、タケノコに相当) を刈取る処理を 5 年間継続した。その結果、ササ刈取り区では高山植物の種数及び植被率、種多様度指数が大きく向上し (図 2-5)、チシマザサ未侵入地の植生に近づいた。

また、ササ密生区とササ刈取り区の土壌含水率 (図 2-6) を比較したところ、ササ密生地では含水率の季節変動が激しい一方、ササ刈取り区では季節変動が小さく、また含水率が 5~10%上昇していた。

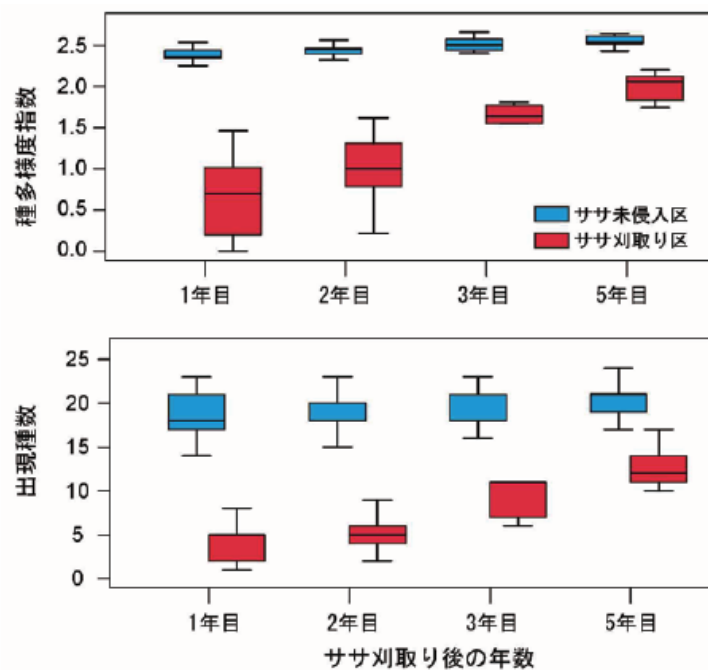


図 2-5 チシマザサ刈取り後の植生回復の経年変化  
(上:シャノンの種多様度指数、下:1㎡あたりの出現種数)

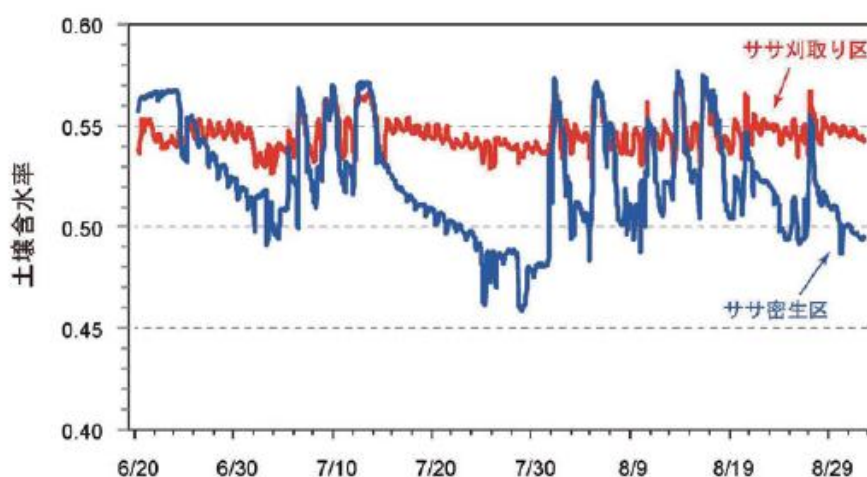


図 2-6 ササ密生区とササ刈取り区における地下10cmの土壌含水率と季節変化(2012年計測)

●【文献 25：大雪山五色ヶ原におけるチシマザサ拡大域の地形的特徴の解析と潜在的に拡大しやすい立地の抽出】

大雪山五色ヶ原において、高山生態系に影響を与えることが懸念されているチシマザサが拡大しやすい地形を抽出したリスクマップを作成した。

チシマザサが選好しているのは、①傾斜方向：北東及び東、②傾斜角： $20^{\circ}$  以下（ $10\sim 20^{\circ}$  で増加の割合が高い）、③日射量： $450\sim 550\text{KWh}/\text{m}^2$  の環境であった。傾斜方向については、東方向は風の影響で雪が吹き溜まりチシマザサが保護されることが影響しており（文献 18）、傾斜角については、雪解けの早期化に伴い傾斜角の大きい立地の方が水はけが良く、土壌の乾燥化が進行してチシマザサが拡大しやすい環境であるためと考えられる。

全国の高山帯においてササや低木の分布拡大が指摘されている状況で、チシマザサの刈取りによる高山植生の回復は実証されている（文献 19）。管理コストが特に制限される高山帯で、刈取りなどの対策を講ずる場合、個々の山域の地域性を考慮したリスクマップを活用することは非常に有効である。

## (6) 空中写真による植生の経年比較

湿原面積や植生の経年変化を比較する方法として、過去に撮影された空中写真をオルソ化し、GIS で面積計算をする手法が多く用いられており（文献 14、15、16）、地形図や湿原分布、積雪分布などと重ね合わせることで、相互関係の解析を行うこともできる。この手法においては、特に昔に撮影された空中写真では、解像度によって湿原と森林の境界が不明瞭な場合があるため、必要に応じて植生調査や現地測量を行い、植生境界を決定しなければならない（文献 12、16）。また、空中写真は、国土地理院、林野庁、県、民間の地図会社などによって撮影されたものがあり、撮影区域や撮影年代はそれぞれの機関によって異なる。たとえば国土地理院の「地図・空中写真閲覧サービス」で、天狗の庭湿原及び高谷池湿原周辺の空中写真を検索すると、最も古いもので 1947 年に米軍によって撮影された画像をみることができる（図 2-7）。

また、登山客に情報提供を行う目的で山小屋に設置されたライブカメラの画像を利用し、広範囲の高山域を対象とした融雪・積雪過程や植生のフェノロジーを観測する研究も行われている。高山域では雲や霧が発生しやすいため、撮影が制限される人工衛星の弱点を補う方法として注目されている（文献 20）。

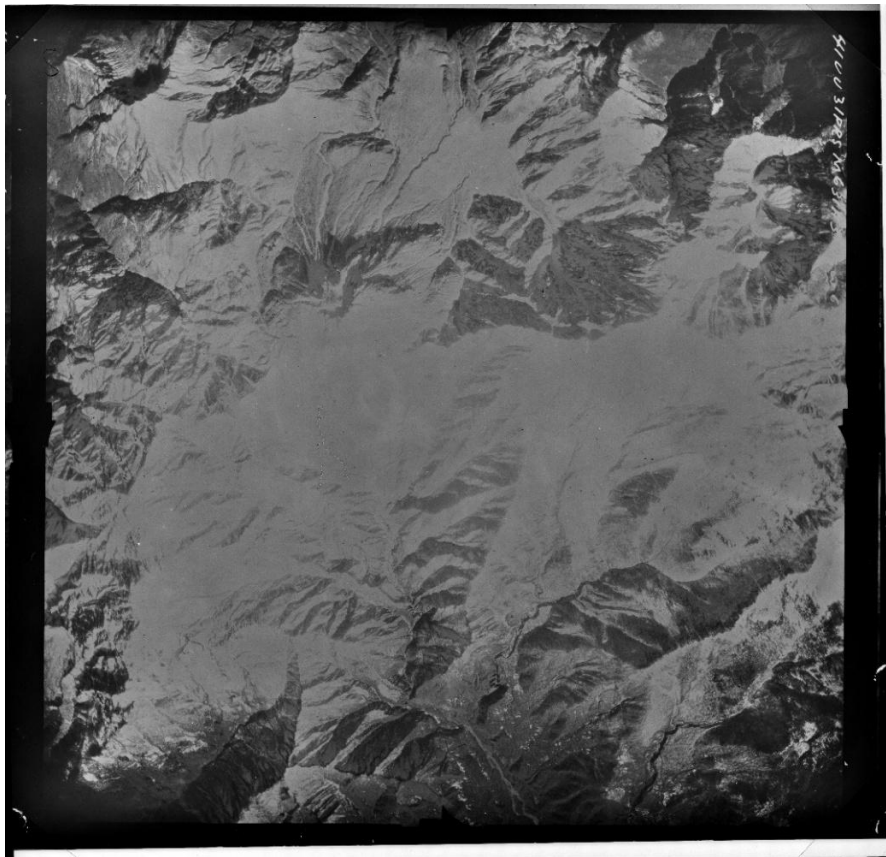


図 2-7 1947年11月6日に撮影された天狗の庭周辺の空中写真  
整理番号 USA コース番号 M631-A-No1 写真番号 41

## (7) 気候変動にともなう山岳地域の気象の変化

世界的には地球温暖化による平均気温の上昇が叫ばれているが、気温が上昇しても 0℃ 以上にならないければ降雪は降雨に変化しないため、標高の高い山岳地域では必ずしも降積雪量が減少するとは限らない。むしろ、温暖化によって大気中の水蒸気量が増加し、山岳地域では極端な大雪となる場合がある（文献 34）。

しかし、気象庁が通年で降水量を観測している標高 1,500m 以上の地点は、御嶽山（2,195m）、宮田高原（1,660m）、上高地（1,510m）の 3 箇所であり、高標高域における観測データの不足が指摘されている（文献 29）。

気象庁による観測のほかに、各大学や研究機関が独自に気象観測や数値実験を用いた解析を行っている場合もある。中部山岳地域の 14 箇所（槍ヶ岳、乗鞍富士見岳、西穂高岳、霧ヶ峰など標高 1,450～3,070m 地点）で独自に気象を観測した研究（文献 30）では、2003 年から 2017 年までの 15 年間で、年平均気温の有意な上昇は認められなかった。また、積雪深に関しても統計的に有意な傾向はみられなかったと報告されている。

また、鈴木（文献 33）によると、1989 年から 2023 年までの 35 年間で、春季と夏季は顕著な平均気温の上昇がみられたが、冬季平均気温（全国 15 地点の気温の平年値からの偏差で検討）については有意な上昇が認められなかった。また、日本アルプス周辺のように標高が高い地域や、北海道、東北地方のように緯度の高い地域では、冬季平均気温の有意な変化傾向はみられず、標高が高くなるにつれ、気温の上昇率が低下する傾向がみられた。特定の季節や地域に注目して気温の変化をみると、地球規模での温暖化傾向とは異なる場合があることを認識するべきだと指摘している。

表 2-7 気候変動と山岳地域の気象

| No.   | 文献から得られた知見                                                                                                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 34    | ・ 山岳地域では、必ずしも地球温暖化が降積雪量の減少につながるとは言えず、むしろ大気中の水蒸気量が増加して極端な大雪になる場合がある。                                                     |
| 30・33 | ・ 高標高域や高緯度の地域では、標高が高くなるにつれ気温の上昇率が低下する。<br>・ 特定の地域や標高域、季節に絞って気象の変化をみると、有意な気温上昇や積雪深の減少などがみられない場合があり、地球規模の温暖化傾向とは異なる場合がある。 |

## (8) 人為的な生態系管理における留意点

### ア) モニタリングと保全管理計画

生態系保全管理計画の策定と実行のためには、気候変動に対する山岳生態系の影響を総合的に把握する必要がある。そのための生態系監視システムの構築と運用においては、①植生変化や種の分布域変化の検出と定量化、②変化を引き起こしているメカニズムの解明、③気候変動に対する生態系変化の将来予測や生物多様性への影響予測、というプロセスでなされるべきである（文献 17、図 2-8）。変化のメカニズムが明らかになれば、生態系への影響予測が可能となり、生態系変化の予測マップの作成につながり、その予測を踏まえて具体的な生態系保全管理計画の策定と実行がなされるべきである。保全管理計画は、それぞれの山岳地域単位の継続的なモニタリングにより把握された生態系変化と連動し、柔軟かつ順応的な計画策定と実施が行われるべきである。

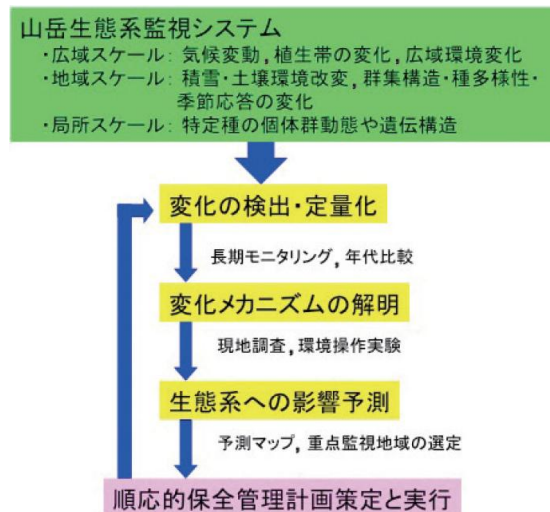


図 2-8 山岳生態系監視システムの導入により期待される温暖化影響の解明と  
山岳生態系保全管理計画実施への適用(文献17より引用)

#### イ) 国立公園特別保護地区における生態系管理

チシマザサの拡大は、高山生態系を急速に改変し、生物多様性を衰退させる極めて切迫した問題である。日本の高山生態系の多くは、国立公園特別保護地区に指定されており、これまで人為的な介入は極力制限されてきた。しかし、温暖化により本来の植物群落や希少種の生育適地が急速に消失していく状況を鑑みて、高山生態系保全と生物多様性維持のための人為的な取り組みを検討すべき段階に来ている（文献 26）。

妙高戸隠連山国立公園の火打山周辺では、国の天然記念物及び環境省のレッドリスト（2020）で絶滅危惧ⅠB 類に指定されているライチョウの生息地保全の目的で、大型のイネ科草本の刈取り管理が行われている（文献 35）。ライチョウの営巣活動が確認されなくなったことから始まった試みで、地表性のライチョウにとって、周囲の見通しの悪さや、餌となる高山植物が減少したことが原因ではないかと考えられている。試行実験でイネ科草本以外の植生の回復がみられたことから、環境省主導のもと、数 10m 四方の事業区を複数箇所設置し、対象となる大型のイネ科植物を刈取る管理を令和 2 年から継続している。

工藤（文献 31）は、火打山の場合、特別保護地区内でもともと生育していた高山植物を人為的に除去することに対し、さまざまな意見があったという。同著書内で工藤は、人為的な植生管理を行う場合は、以下の枠内のことに留意しなければならないと述べている。特に 3 つ目の項目については、自然生態系についての考え方が個人によって大きく異なるので、合意形成が難しい場合があると指摘している。

1. 人為的な植生改変が意図した植生回復に対して効果があるか
2. 人為的な植生改変によって土壌浸食などの環境攪乱が発生するリスクはないか
3. 保護地域で行う人為的な植生管理に対して市民の合意が得られるか

## (9) 既存文献から得られた知見のまとめ

日本の多雪な山岳地域に成立する多くの湿原では、近年、面積の減少が指摘されている。その原因として挙げられているのが、降積雪量の減少による湿原の乾燥化である。地下水による安定的な涵養が無い、積雪や降雪を主な涵養源とする「雪田草原型湿原」では、過湿な環境を維持するために冬季の積雪量の多寡が大きく影響する。山岳湿原において、冬季の積雪量が少ないと融雪時期が早期化し、厳しい環境条件が緩和されることで、非湿生植物や木本性植物が湿原内に侵入する可能性が高くなり、湿原面積の減少につながる。

多くの湿原で分布の拡大が指摘されている非湿生植物がチシマザサである。チシマザサは過湿な環境に適した植物ではないが、地下茎を通じて酸素や栄養塩を供給することで、湿潤または乾燥した土壌から過湿な土壌へも生育範囲を広げることができる。蒸発散量の大きいチシマザサは、湿原の乾燥化を加速させ、さらに泥炭の分解を促進させるという、ササにとって正のフィードバックを成立させている。また、チシマザサは形態可塑性が大きく、生育環境によって地上部と地下部の乾物重量比を変化させることで、効率よく養分を獲得し、森林帯から高山帯まで広い標高域に分布している。

湿原の乾燥化や非湿生植物の侵入を引き起こす降積雪量の減少は、近年の気候変動の影響であると多くの文献で指摘されているが、特定の季節や山岳地域に注目して気象の変動傾向をみると、必ずしも地球温暖化の傾向とは一致しない場合がある。

山岳地域の植生は、微地形によるわずかな立地環境の違いによって成立し、多くの高山性植物は山域ごとに遺伝的分化が起きている可能性が高く、山岳生態系の管理においては、山域単位での保全管理計画の策定が必要である（文献 17）。湿原の面積や植生の経年変化は、非常に小さいスケールで発生することが多いため（文献 12）、それを定量的に評価するためには、特定の湿原に特化した気象観測や植生調査を行う必要がある。

表 2-8 日本の山岳湿原に関する知見まとめ

| 日本の山岳湿原に起きている問題                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>・ 降積雪量の減少による湿原の乾燥化と、それにとまう非湿生植物の湿原内への分布拡大によって湿原の面積が減少している。</li><li>・ 特に天水を主な涵養源とする湿原では、降積雪量の多寡が土壌水分量に大きな影響を及ぼすため、面積の縮小率が高い傾向にある。</li></ul>                                                                                                     |
| チシマザサの影響                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <ul style="list-style-type: none"><li>・ チシマザサは地下茎を通じて酸素や栄養塩類を供給することで、生育に不適な過湿環境にも侵入することができ、多くの湿原で分布の拡大が指摘されている。</li><li>・ チシマザサは生育環境によって地上部と地下部の分配比率を変えることで、広標高域に分布することが可能である。</li></ul>                                                                                             |
| 山岳地域での気候変動と個々の湿原の管理                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>・ 降積雪量の減少は、近年の気候変動の影響だと言われているが、特定の季節や山岳地域に注目すると、必ずしも地球温暖化の傾向とは一致しない。</li><li>・ 山岳地域の植生は、わずかな立地環境の違いによって成立し、山域ごとの特異性が高いため、山域単位での保全管理計画策定の必要がある。</li><li>・ 山岳湿原における面積や植生の経年変化はごく狭い範囲で起こる場合が多いため、評価のためには、それぞれの湿原に特化した気象観測や植生調査を行う必要がある。</li></ul> |

## 2-3. 植生

### (1) 高谷池及び天狗の庭の植生に関する文献一覧

高谷池及び天狗の庭における環境変化の状況を把握するため、過去の植生に関する資料を収集した（表 2-9）。そのうち現存植生図を作成している文献が 5 つ（文献 No. 37、40、45、46、51）、詳細な植生調査についての記載がある文献が 4 つ（文献 No. 36、39、41、49）である。

表 2-9 高谷池及び天狗の庭の植生に関わる文献一覧

| No | 発行年  | 著者・発行            | 文献                                                                      | 概要                                                                                          |
|----|------|------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 36 | 1972 | 新潟県<br>上越生態研究会   | 新潟の自然第2集 上越の植生—上越地方の植物社会学的研究—                                           | 1971年に高谷池・天狗の庭を含む上越地方の一部で <b>植生調査</b> を実施。                                                  |
| 37 | 1982 | 環境省              | 1/5万現存植生図                                                               | 第2回自然環境保全基礎調査において <b>現存植生図</b> を整備。対象範囲の調査は1979年。精度は粗い。                                     |
| 38 | 1983 | 新潟県生活環境部         | 新潟のすぐれた自然 植物編                                                           | 高谷池・天狗の庭の写真、植生概要                                                                            |
| 39 | 1985 | 新潟県生態研究会         | 妙高高原の植生                                                                 | 1984年に高谷池・天狗の庭を含む旧妙高高原町で <b>植生調査</b> を実施。                                                   |
| 40 | 1986 | 妙高高原町            | 妙高高原町史 現存植生図                                                            | 1985年 <b>現存植生図</b> 。精度は粗い。                                                                  |
| 41 | 1986 | 中村幸人             | 中部山岳以西の亜高山植生および高山性植生の植物学的研究—その1群落区分とその体系化— <b>横浜国大環境研紀要</b> 13: 151-206 | 中部山岳以西を対象に植生調査資料を整理。1984年高谷池・天狗の庭 <b>植生調査</b> について記載。                                       |
| 42 | 2002 | 瀬沼賢一             | 妙高山塊における湿原及び雪田植生の立地と種組成。 <b>新潟県生態研究会誌</b> 5:1-11                        | 1975-81年に妙高山塊の5つの湿地帯（高谷池・天狗の庭含む）について植生調査を実施。総合常在度表に整理。                                      |
| 43 | 2017 | 瀬沼賢一             | 妙高戸隠連山における亜高山帯落葉広葉樹林及び広葉草原植生。 <b>新潟県生態研究会誌</b> 11:47-56                 | 妙高山群において1979-2016年に植生調査を実施。天狗の庭の記載がある。総合常在度表に整理。                                            |
| 44 | 2017 | 環境省<br>長野自然環境事務所 | 平成28年度グリーンワーカー事業火打山における協働型環境保全活動業務報告書                                   | 植生調査やイネ科植物除去。火打山頂付近のみ。植生について天狗の庭に関する記載と写真がある。                                               |
| 45 | 2018 | 環境省<br>長野自然環境事務所 | 平成29年度妙高戸隠連山国立公園火打山周辺におけるニホンジカ等被害状況モニタリングのための植生図作成業務                    | 1976年、2010年空中写真から火打山～天狗の庭周辺について、 <b>詳細な現存植生図</b> を作成。                                       |
| 46 | 2018 | 環境省<br>長野自然環境事務所 | 平成29年度妙高戸隠連山国立公園火打山周辺における高層湿原植生調査業務報告書                                  | 2017年斜め写真(UAV)から高谷池・天狗の庭について、 <b>詳細な現存植生図</b> を作成。                                          |
| 47 | 2018 | 環境省<br>長野自然環境事務所 | 平成29年度グリーンワーカー事業火打山における協働型環境保全活動業務報告書                                   | 植生調査やイネ科植物除去。火打山頂付近のみ。                                                                      |
| 48 | 2019 | 環境省<br>信越自然環境事務所 | 平成30年度グリーンワーカー事業火打山における協働型環境保全活動業務報告書                                   | 植生調査やイネ科植物除去。火打山頂付近のみ。                                                                      |
| 49 | 2020 | 環境省<br>信越自然環境事務所 | 令和元年度妙高戸隠連山国立公園火打山周辺におけるニホンジカ等被害状況モニタリング手法検討調査業務                        | 2019年空中写真(UAV)から火打山周辺の現存植生図を作成。H29高層湿原報告書(文献10)の高谷池GIS化、 <b>植生調査</b> を高谷池・小天狗の庭を含む火打山周辺で実施。 |
| 50 | 2020 | 生命地域<br>妙高環境会議   | 令和元年度妙高戸隠連山国立公園火打山周辺におけるライチョウ生息地回復調査業務                                  | 天狗の庭を含む地点で工藤岳准教授(北海道大学)による植生調査に同行し、コメントをもらう。                                                |
| 51 | 2024 | 環境省              | 1/2.5万現存植生図                                                             | 第6・7回自然環境保全基礎調査において <b>現存植生図</b> を整備。対象範囲の調査は2017年。精度は少し粗い。                                 |

## (2) 現存植生図

現存植生図を作成している文献の 5 つ（文献 No. 37、40、45、46、51）について、判読画像年順で以下に整理した（表 2-10）。環境省統一凡例を参考に一部凡例を追加し、各年の現存植生図の色分けを行ったものを図 2-11～図 2-16 に示す。

このうち、天狗の庭について経年的に見比べることができる程度で作成されているものが、1976 年（1/5000 精度）、2010 年（1/5000 精度）、2017 年（1/2500 精度）の現存植生図である。高谷池は文献 45 の植生図作成範囲外であるため、2017 年（1/2500 精度）の現存植生図のみとなる。

対象の湿原周辺のみ注目して比較するには、詳細な区分が必要だが、判読に使用した空中写真の時期や解像度、判読者による判断の差異で、植生図に精度の違いがみられるところもあり、単純に面積等で比較することはできない。しかし、明らかに変化がみられる箇所については空中写真とともに詳細な図で比較した（図 2-18～図 2-20）。1976 年から 2010 年の間にはチシマザサが湿原部分へ拡大しており、また 2010 年から 2017 年の間には湿原部分へ木本が侵入しているのが確認できる。植生図は空中写真の判読により作成するため、植生の色調や境界が明確に変化するこのような事項については分かりやすいが、湿原内の微細な植生の変化をみるのには適していない。

表 2-10 高谷池及び天狗の庭の現存植生図判読画像年

| 判読<br>画像年 | 月日     | 高谷池                              | 天狗の庭                               |
|-----------|--------|----------------------------------|------------------------------------|
| 1976      | 9月27日  |                                  | 文献45:天狗の庭の <b>詳細な現存植生図</b> 。       |
| 1979      | -      | 文献37:精度粗い。                       | 文献37:精度粗い。                         |
| 1985      | 9月     | 文献40:精度粗い。                       | 文献40:精度粗い。                         |
| 2010      | 10月23日 |                                  | 文献45:天狗の庭の <b>詳細な現存植生図</b> 。       |
| 2017      | 8月22日  | 文献46:高谷池・奥高谷池の <b>詳細な現存植生図</b> 。 | 文献46:天狗の庭・小天狗の庭の <b>詳細な現存植生図</b> 。 |
| 2017      | -      | 文献51:精度少し粗い。                     | 文献51:精度少し粗い。                       |

### ●本業務で整理した現存植生図の凡例解説

植生の凡例は植生区分の下位に 3 段階設けて整理されている。大区分は相観的、中区分は優占種的、細区分は種組成による区分である（凡例コードは大・中・細区分の 2 桁組み合わせにより設定）。下位単位まで分けられなかった植生については上位単位の区分となっているものもある。凡例の解説を表 2-11 に示す。

表 2-11 (1) 本業務で整理した現存植生図の凡例解説(1/2)

| 植生<br>区分           | 大<br>コード<br>区分 | 中<br>コード<br>区分 | 細<br>コード<br>区分         | 凡例<br>コード | 配<br>色 | 凡例解説                                                                                                                                                                         | 1978<br>2010<br>現存<br>植生図 | 1979<br>現存<br>植生図 | 1985<br>現存<br>植生図 | 2017<br>現存<br>植生図 | 2017<br>環境省<br>現存<br>植生図 |
|--------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| I 高山帯自然植生域         |                |                |                        |           |        |                                                                                                                                                                              |                           |                   |                   |                   |                          |
| 01高山低木群落           |                |                |                        |           |        |                                                                                                                                                                              |                           |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 01ハイマツ群落               | 010100    |        | 高山や高緯度地方の山地に分布するハイマツの優占する常緑針葉樹低木群落。比較的雪の少ない風衝側の斜面や尾根部に広く成立する。コケモモ-ハイマツ群落を主体とし、林縁の落葉広葉樹低木群落を含む。                                                                               | ○                         |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 01コケモモ-ハイマツ群落          | 010101    |        | 高山や高緯度地方の山地に広範囲にみられる常緑針葉樹低木群落。ハイマツが優占し、キバナシャクナゲ、コガネイチゴ等が混生する。積雪の比較的少ない風衝側斜面や尾根部で発達する。                                                                                        |                           |                   |                   |                   | ○                        |
|                    |                |                | 02高山ハイデ及び風衝草原          | 020000    |        | 高山や高緯度地方の山地の風衝地に分布する矮性低木群落および草原。ミネズオウ、コメバツガザクラ、ウラシマツツジ、エソマメヤナギ等の矮性低木、オヤマノエンドウ、イワツメクサ、イワオウギ、タイツリオウギが生育する。                                                                     | ○                         |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 03雪田草原                 | 030000    |        | 高山や高緯度地方の山地の遅くまで残雪のある雪田に分布する矮性低木群落および草原。融雪がやや早くからある範囲ではチングルマ、アオノツガザクラ等が生育し、夏季も水がたまり泥炭が堆積した場所ではイワイチョウ、ショウジョウスゲ等が生育する。                                                         |                           | ○                 |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 02アオノツガザクラ群団           | 030200    |        | 雪田の底部に発達し、融雪後にやや乾燥する露岩地で、ツガザクラ類、ヒメイワショウブ、ガンコランなどを主とした雪田性矮性低木群落であるイワノガリヤス-アオノツガザクラ群集はアオノツガザクラ群団にまとめられる。環境省統一凡例にはない新たに設定したもの。                                                  |                           |                   |                   | ○                 |                          |
|                    |                |                | 03タカネヤハズハハコ-アオノツガザクラ群集 | 030203    |        | 高山や高緯度地方の山地の雪田や水の豊富な立地に成立する常緑矮性低木群落。アオノツガザクラ、タカネヤハズハハコ、チングルマ、キンスゲ等が生育する。高山の積雪の残る凹状地や緩斜面地で融雪後乾燥する砂礫地にみられる。                                                                    | ○                         |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 03ショウジョウスゲ群落           |           |        |                                                                                                                                                                              |                           |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 01イワイチョウ-ショウジョウスゲ群集    | 030301    |        | 高山から山地の多雪地にみられる雪田草原。イワイチョウ、ショウジョウスゲ、ヌマガヤ等が生育する。泥炭地に成立する。組成的にはヌマガヤオーダーに位置づけられる。                                                                                               |                           |                   | ○                 |                   | ○                        |
|                    |                |                | 03イワイチョウ群団             | 030300    |        | 湿原性のミズゴケ類を欠き、シラネニンジン、イワイチョウを区分種とする雪田植生と、露岩と露岩の間の平坦地で周囲からの流水や雨水の影響を受け年間を通じて湿生地になる雪田周辺に発達するイワイチョウ-キンスゲ群集はイワイチョウ群団にまとめられる。環境省統一凡例にはない新たに設定したもの。                                 |                           |                   |                   | ○                 |                          |
|                    |                |                | 05ハクサンコザクラ群集           | 030205    |        | イワイチョウ-ショウジョウスゲ群集に似た生育地で、雪田の融雪が遅く斜面の緩い湿潤地にハクサンコザクラ-ショウジョウスゲ群集が生育する。イワイチョウ、ショウジョウスゲ、ヨツバシオガマ、チングルマ、ハクサンオオバコ、ミヤマリンドウ、ハクサンボウフウ、ショウジョウバカマ、コイワカガミが随伴する。環境省統一凡例にはない新たに設定したもの。       | ○                         |                   |                   |                   |                          |
| II コケモートウヒクラス域自然植生 |                |                |                        |           |        |                                                                                                                                                                              |                           |                   |                   |                   |                          |
| 05亜高山帯針葉樹林         |                |                |                        |           |        |                                                                                                                                                                              |                           |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 01オオシラビソ群団             |           |        |                                                                                                                                                                              |                           |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 01オオシラビソ群集             | 050101    |        | コケモートウヒクラス域の日本海側の多雪山地でもっとも中生の立地を占めて発達する常緑針葉樹林。オオシラビソが優占し、シラビソを欠く。低木層、草本層の植被は少なく、コケ層が発達。                                                                                      | ○                         | ○                 |                   | ○                 | ○                        |
|                    |                |                | 01ミドリユキザサ-ダケカンバ群団      |           |        |                                                                                                                                                                              |                           |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 05ミヤマハンノキ群落            | 060105    |        | コケモートウヒクラス域の尾根状地で風当たりの強い場所に成立する落葉広葉樹の低木群落。ミヤマハンノキが優占し、ハイマツが混生する。                                                                                                             | ○                         |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 06ダケカンバ群集              | 060106    |        | コケモートウヒクラス域の遅くまで積雪が残る急斜面、なだれ地、崩壊地、風衝地等に成立する落葉広葉樹の低木~小高木群落。ダケカンバが優占し、ミヤマハンノキ、ウラジロナナカマドが混生する。ペニバナイチゴ、カラクサイノデ、コバイケイソウ、キヌガサソウ等により区分される。                                          | ○                         | ○                 | ○                 | ○                 | ○                        |
|                    |                |                | 07ササ-ダケカンバ群集           | 060107    |        | コケモートウヒクラス域からブナクラス域上部に成立する落葉広葉樹の自然低木林。ダケカンバが優占し、林床にチシマザサが密生することを特徴とする。高山山頂や溪谷斜面上部のなだれ地等に広くみられるが、日本海側では南・西向きの融雪がやや遅い斜面やなだれの少ないところでよく発達する。ミドリユキザサ-ダケカンバ群団の低海拔で積雪量の少ないところに分布する。 | ○                         | ○                 |                   | ○                 | ○                        |
|                    |                |                | 11オオバユキザサ-ヤハズハンノキ群集    | 060111    |        | コケモートウヒクラス域の日本海側の多雪地、傾斜地にみられる落葉広葉樹小高木林。ヤハズハンノキが優占または混生する。草本層にはオオバユキザサ、ヒロハテンナンショウ等が生育する。風背側斜面直下や谷沿い等の多雪地にみられる。                                                                |                           |                   | ○                 |                   |                          |
|                    |                |                | 04ミネカエデ群落              |           |        |                                                                                                                                                                              |                           |                   |                   |                   |                          |
|                    |                |                | 01ナナカマド-ミネカエデ群集        | 060401    |        | 日本海側多雪地の山岳上部に成立する落葉広葉樹の低木群落。ミネカエデ、ナナカマド、オオカメノキ等が優占する。比較的雪解けの早い立地や尾根の浅土を占め、チシマザサ群落と住み分けている。コケモートウヒクラス域中上部に生育する植物を多く含むため、コケモートウヒクラス域に属する群落と考えられる。                              |                           |                   |                   |                   | ○                        |

表 2-11 (2) 本業務で整理した現存植生図の凡例解説(2/2)

| 植生<br>区分          | 大<br>コード<br>区分 | 中<br>コード<br>区分 | 細<br>コード<br>区分             | 凡例<br>コード | 配<br>色 | 凡例解説                                                                                                                                                                                  | 1976<br>2010<br>現存<br>植生図 | 1979<br>現存<br>植生図 | 1985<br>現存<br>植生図 | 2017<br>現存<br>植生図 | 2017<br>環境省<br>現存<br>植生図 |
|-------------------|----------------|----------------|----------------------------|-----------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| Ⅱ コケモートウヒクラス域自然植生 |                |                |                            |           |        |                                                                                                                                                                                       |                           |                   |                   |                   |                          |
|                   |                |                | 07高茎草原及び風衝草原               | 070000    |        | コケモートウヒクラス域のなだれ地や風衝地等に成立する高茎広葉草原およびササ群落。                                                                                                                                              | ○                         |                   |                   |                   |                          |
|                   |                |                | 01シナノキンバイー<br>ミヤマキンボウゲ群団   | 070100    |        | コケモートウヒクラス域のうち積雪の多い急傾斜地、小谷等に成立する高茎広葉草原。本州日本海側の多雪地では広面積に発達し、シナノキンバイ、ミヤマキンボウゲ、ハクサンフウロ、ハクサンボウフウ、ハクサンイチゲ、コバイケイソウ等が生育する。                                                                   |                           |                   |                   | ○                 |                          |
|                   |                |                | 07ミヤマドジョウツナギー<br>オクヤマワラビ群集 | 070107    |        | 環境省統一凡例ではタテヤマアザミーホソバトリカブト群集に含めて扱われる。<br>雪田底の露岩にはさまれた空隙が多く、厳冬期から融雪期にかけて、積雪圧や匍行による破壊を岩によって保護された立地、あるいは融雪期に岩の熱伝導がよく、まわりの雪田より、早く地表が露出する立地と考えられる。                                          |                           |                   | ○                 |                   |                          |
|                   |                |                | 02ササ群落                     | 070200    |        | コケモートウヒクラス域のうち、おもに山頂部や尾根筋の風衝地、谷筋のなだれ地や崩壊地に成立するササ群落。日本海側ではチシマザサを中心に、クマイザサ、チマキザサ、オオバザサ等多種のササ類の群落が一括されている。日本海側多雪地に多く、風背側斜面、なだれ地、積雪の残る場所、湿原周辺等にもみられる。                                     |                           |                   | ○                 |                   | ○                        |
|                   |                |                | 01チシマザサ群落                  | 070201    |        | コケモートウヒクラス域に分布する自然植生のササ群落のうち、チシマザサが優占する群落。積雪深50cm以上の地に一致する。                                                                                                                           | ○                         |                   |                   | ○                 |                          |
| Ⅶ 河辺・湿原・沼沢地・砂丘植生  |                |                |                            |           |        |                                                                                                                                                                                       |                           |                   |                   |                   |                          |
|                   |                |                | 47湿原・河川・池沼植生               | 470000    |        | 雨水によって潤されている高層湿原、地下水によって潤されている低層湿原、それらの中間の中間湿原といった、水湿性の植物群落。中区分にはヨシクラス、ヒルムシロクラス等がある。ヨシクラスとしては水深10～20cmでミヤマホタルイ、ヒルムシロクラスとしては水深25cm以上の深い池塘でホソバタマミクリ、フトヒルムシロが生育する。小面積で混生もみられるため合わせて表示した。 |                           |                   |                   | ○                 |                          |
|                   |                |                | 01ツルコケモモミズゴケクラス            | 470100    |        | 湿原植生のうち、山地から高山帯の貧栄養で強酸性を示す高層湿原に成立する植物群落。凸状地(ブルト)と凹状地(シュレンケ)に大別され、ブルトの植生はツルコケモモミズゴケクラスに、シュレンケの植生はホロムイソウクラスにまとめられている。これらをここでは、ツルコケモモミズゴケクラスに一括している。本州中部では一般に海拔1000m以上に分布する。             | ○                         |                   |                   | ○                 | ○                        |
|                   |                |                | 02ヌマガヤオーダー                 | 470200    |        | 高層湿原と低層湿原の中間に位置する中間湿原は、ヌマガヤが優占するため、ヌマガヤオーダーに区分されている。本州ではやや標高の高い地域にみられる。高層湿原や低層湿原に隣接して発達するものもある。                                                                                       | ○                         |                   | ○                 |                   | ○                        |
|                   |                |                | 06ヒルムシロクラス                 | 470600    |        | 池や沼、浅い湖、等に成立する水生植物群落を浮葉・沈水植物群落のヒルムシロクラスとしてまとめた。ヒルムシロクラスにはヒシやヒツジグサ、スギナモ等がみられる。底質は泥土や細砂が多く、腐植質が堆積している場合もある。                                                                             |                           |                   |                   |                   | ○                        |

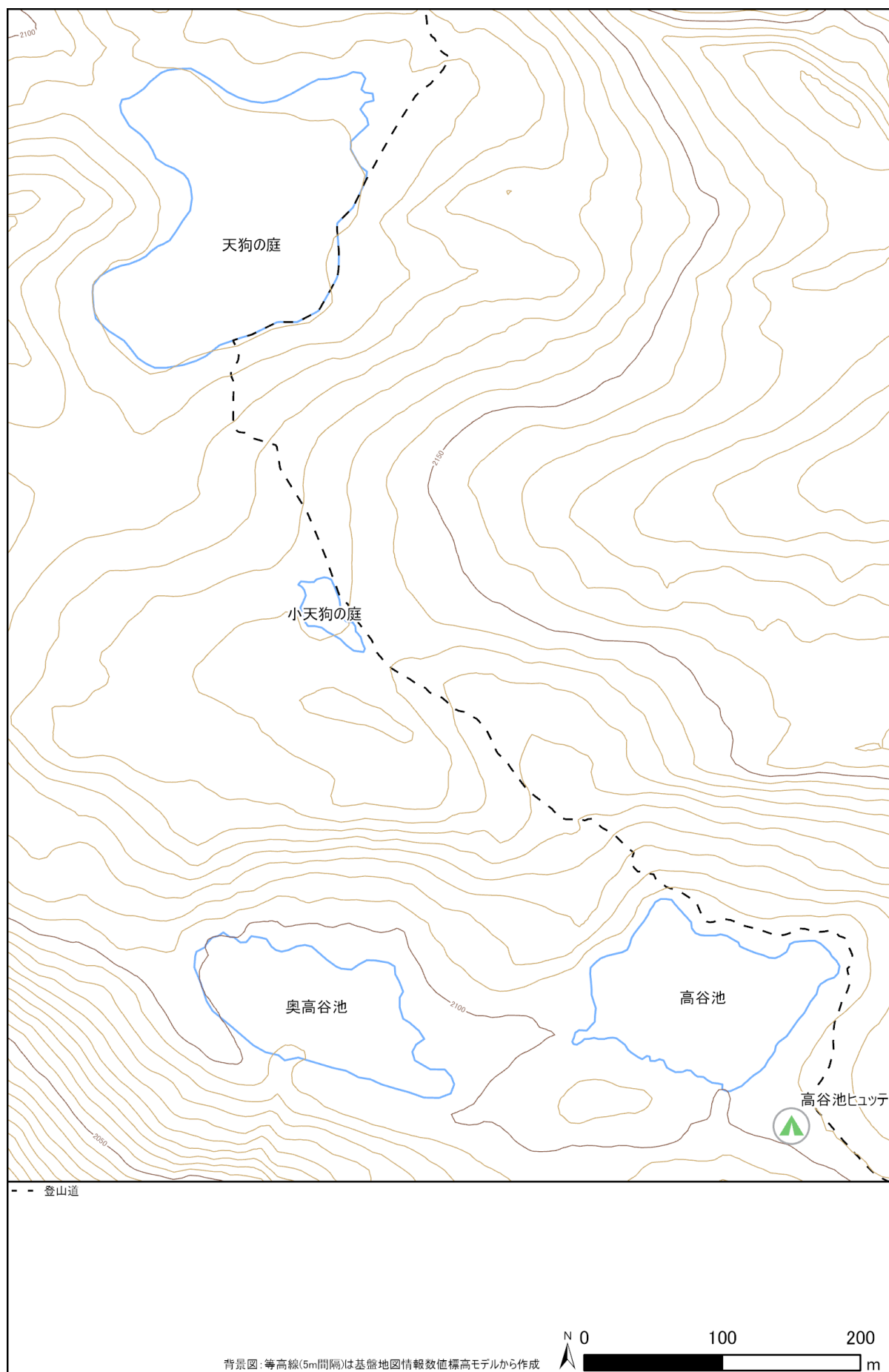


図 2-9 植生図表示範囲(地形図)



図 2-10 植生図表示範囲(2017妙高市オルソ画像)

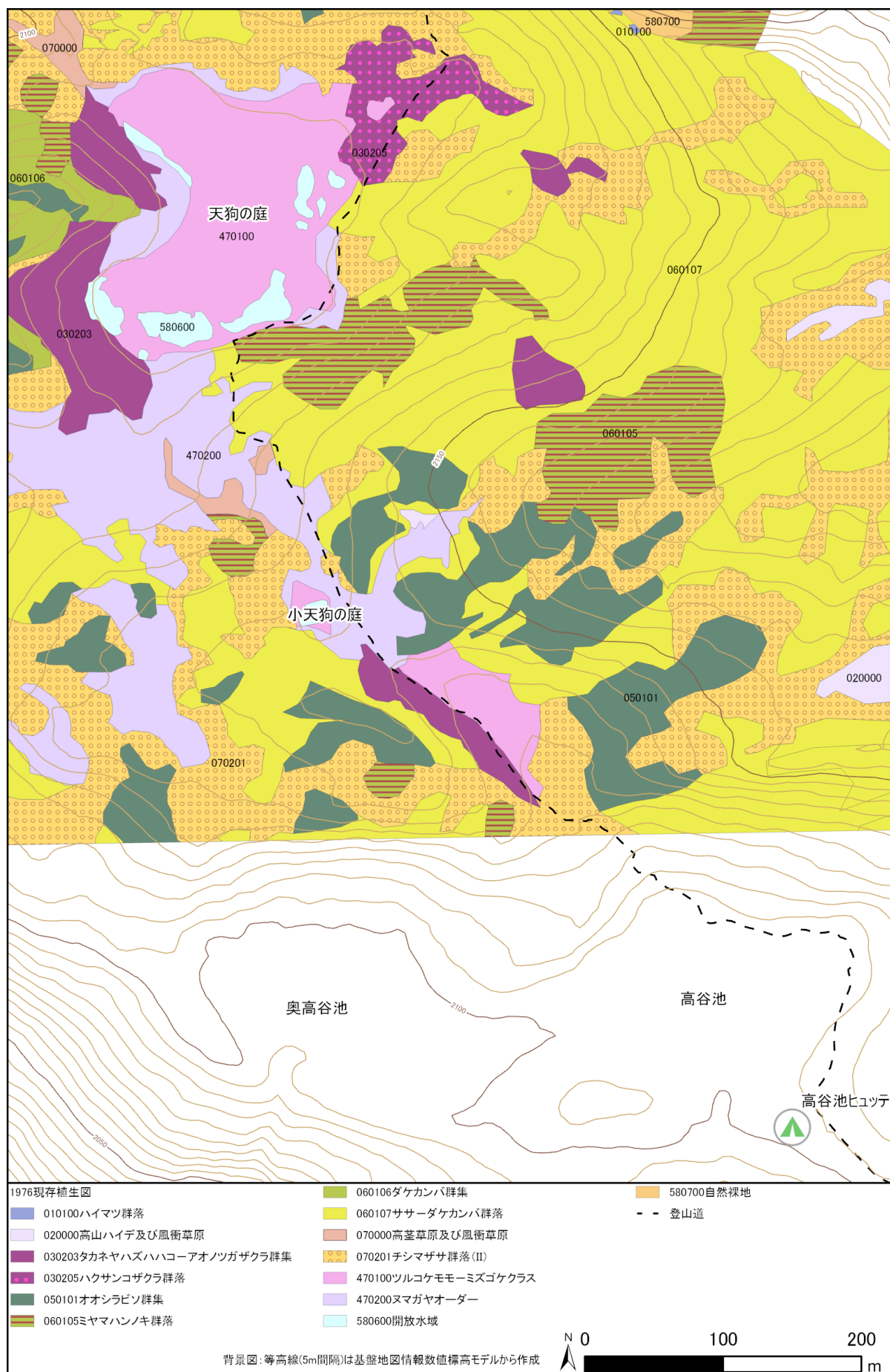


図 2-11 文献45:1976年現存植生図(天狗の庭)

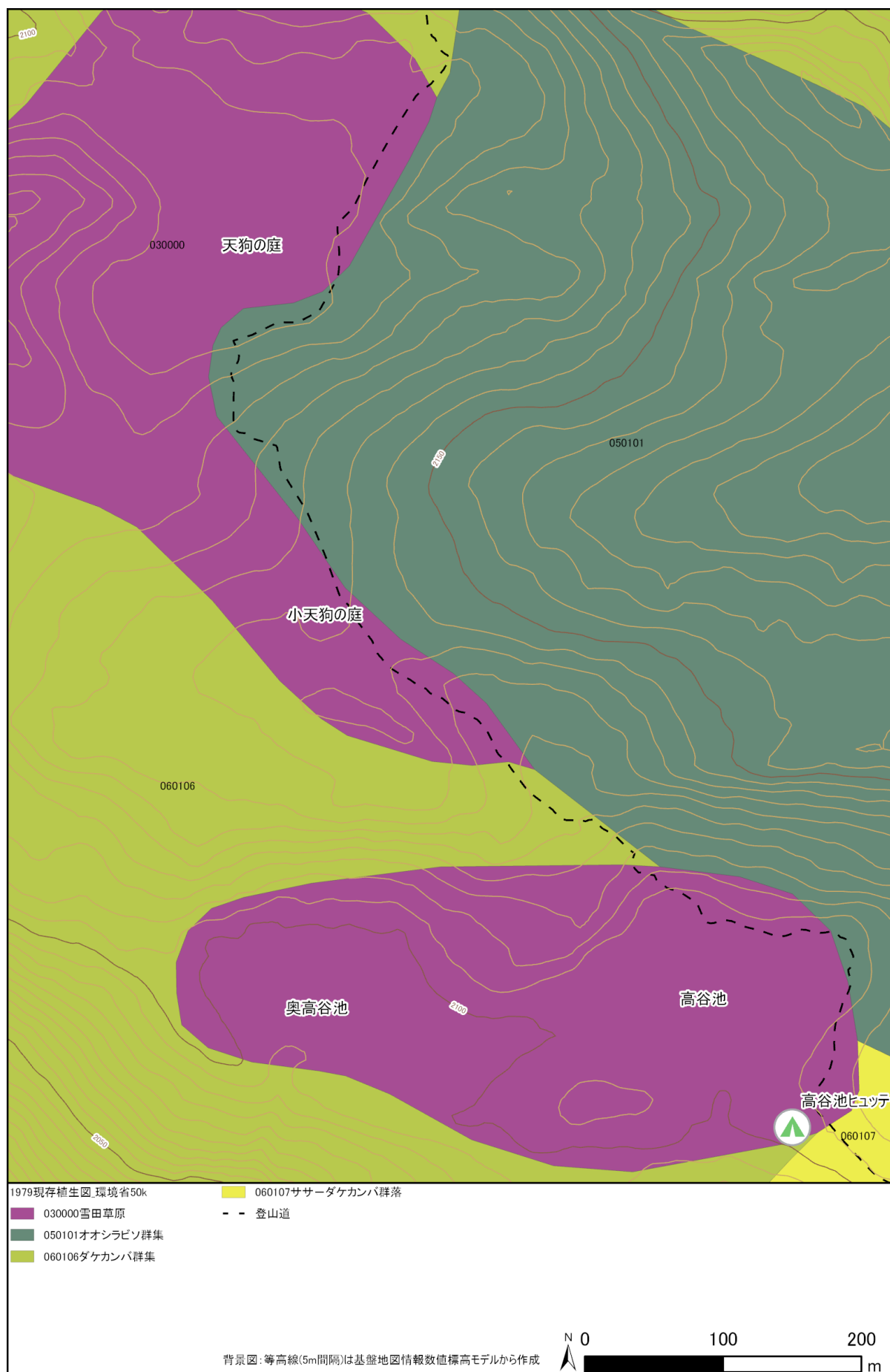


図 2-12 文献37: 1979年現存植生図(高谷池・天狗の庭)

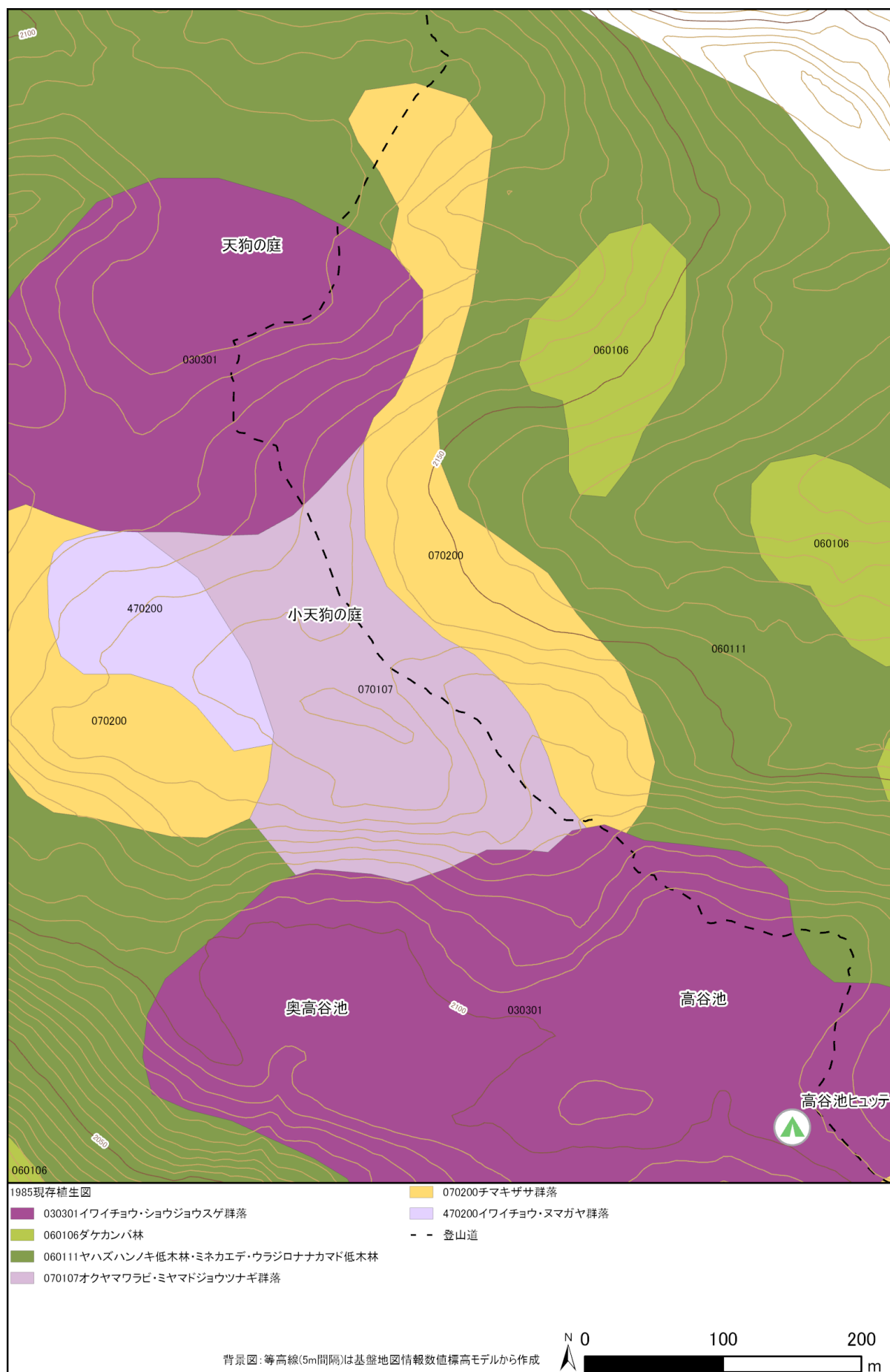


図 2-13 文献40: 1985年現存植生図(高谷池・天狗の庭)

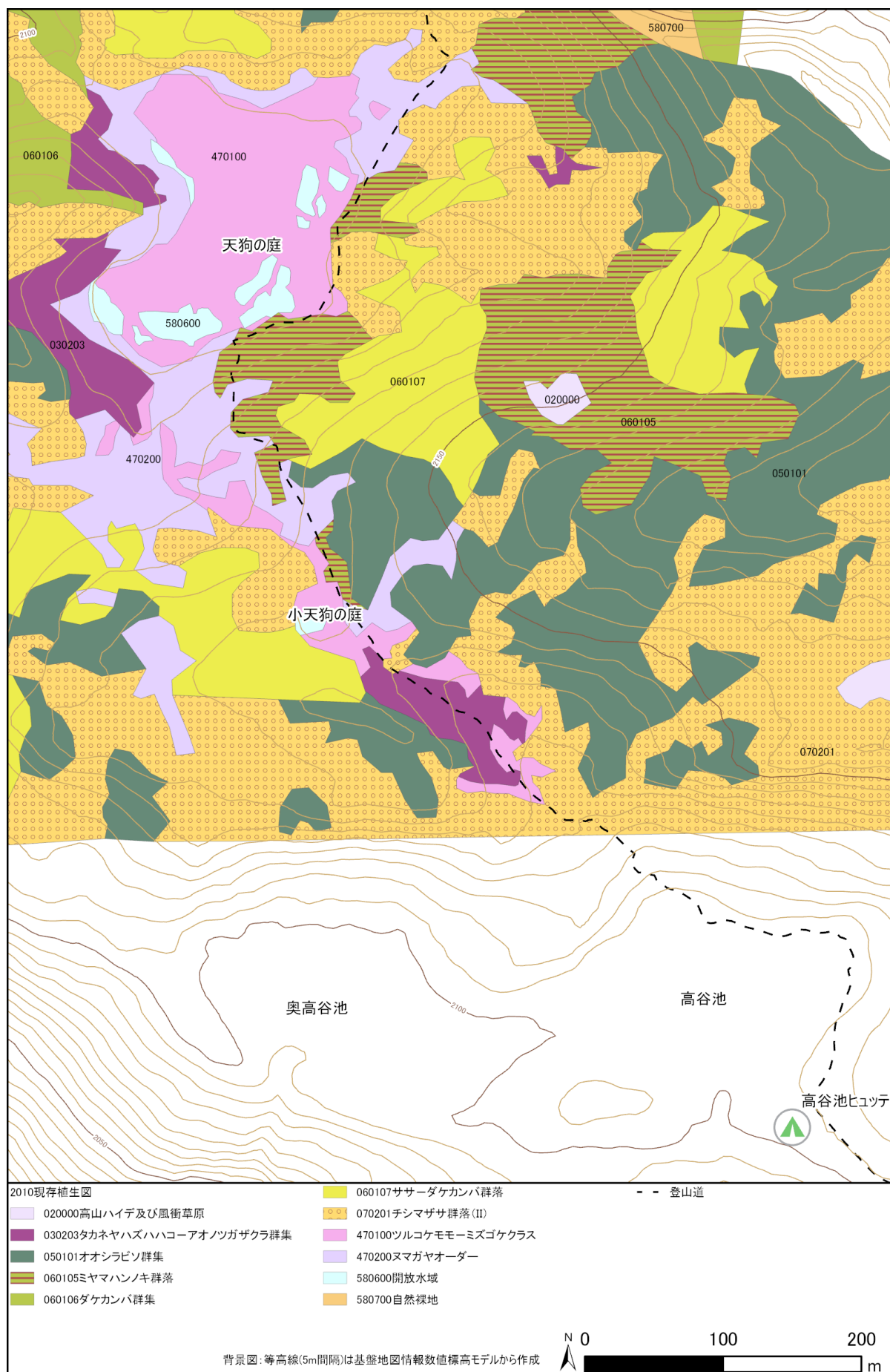


図 2-14 文献45:2010年現存植生図(天狗の庭)

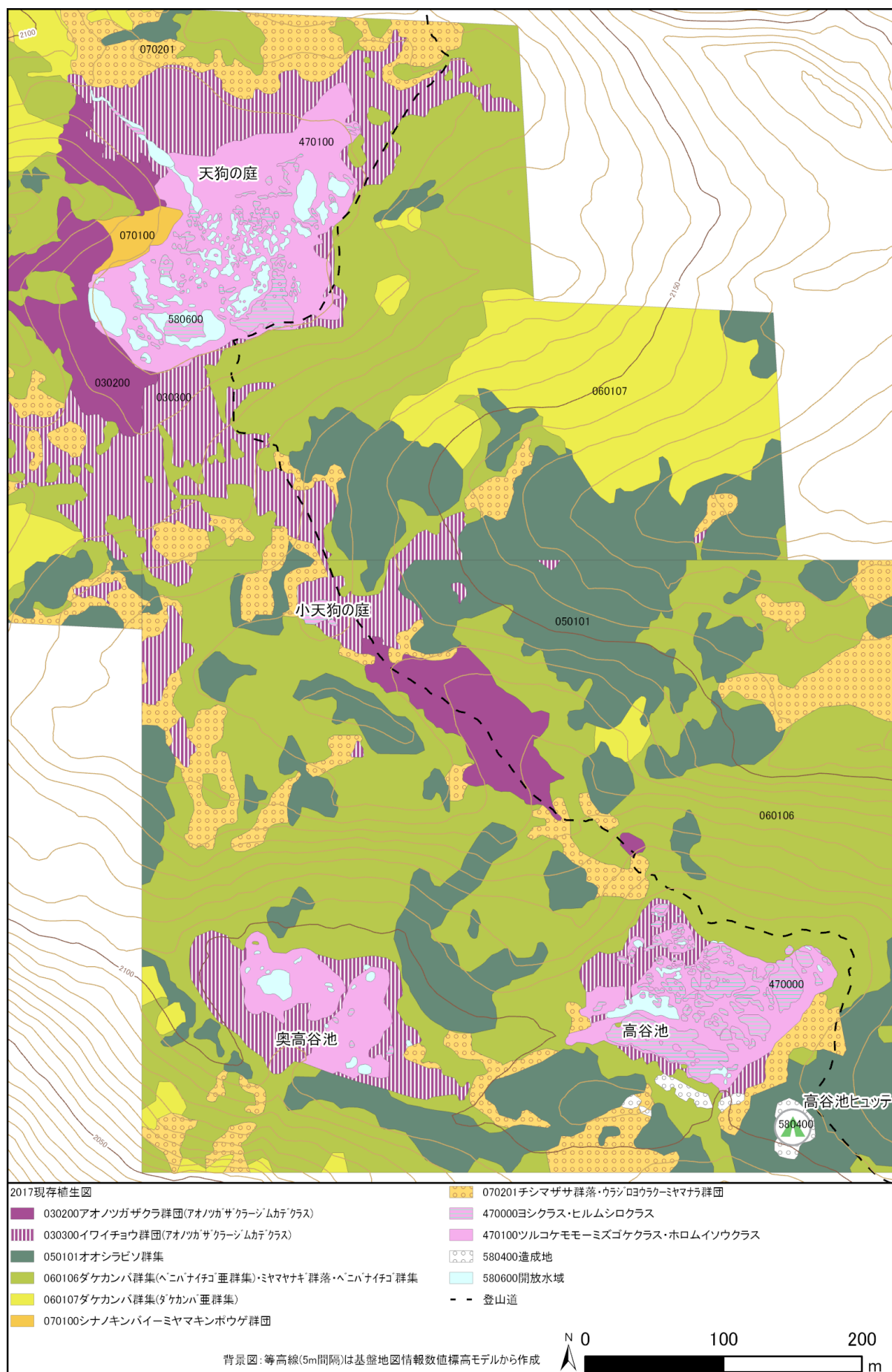


図 2-15 文献46: 2017年現存植生図(高谷池・天狗の庭)

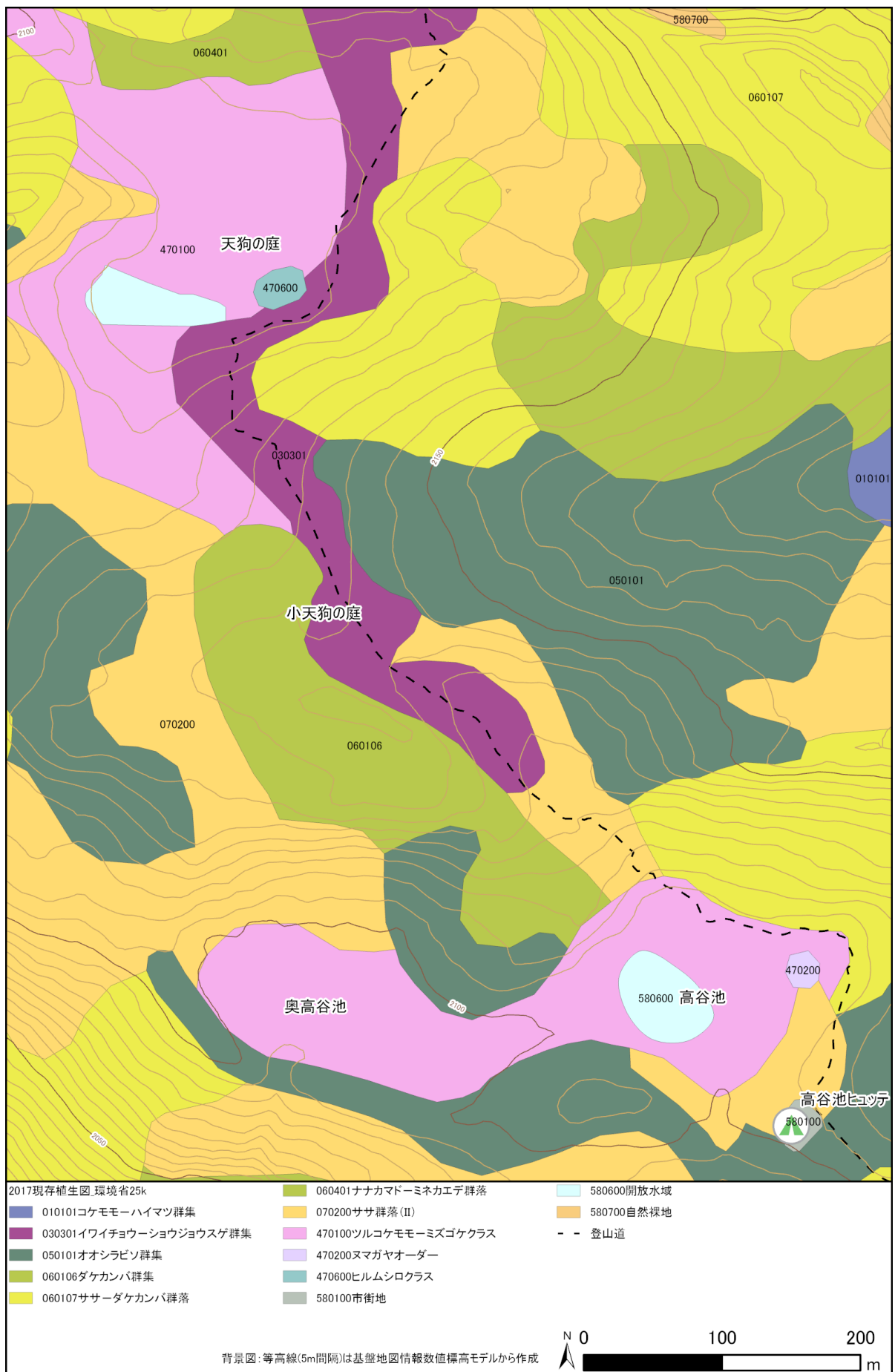


図 2-16 文献51:2017年現存植生図(高谷池・天狗の庭)

●天狗の庭北東側（図 2-18）

- ・ 1976 年から 2010 年にかけて湿原よりも比高が高い周辺部（やや乾燥しやすい立地）からチシマザサ群落が拡大している。
- ・ 2010 年の湿原箇所には 2017 年にはミヤマヤナギ、ミヤマハンノキ等の低木が侵入している。

（・文献 45 において、1976 年のハクサンコザクラ群落(雪田草原)が 2010 年には消失し、ヌマガヤオーダー(湿原植生)に置き換わったとしているが、同地点を 2017 年（文献 46）ではイワイチョウ群団（雪田草原）としている。雪田草原、高層湿原にみられる湿生植物はイワイチョウやヌマガヤなど共通してみられるものが多く、種構成は類似するところもあるため、植生図上は変化したとは言い切れない。）

●天狗の庭南側（図 2-19）

- ・ 2010 年の湿原箇所には 2017 年にはミヤマヤナギ、ミヤマハンノキ等の低木が侵入している。

●高谷池（図 2-20）

- ・ 1976 年から 2010 年にかけて湿原よりも比高が高い周辺部（やや乾燥しやすい立地）からチシマザサ群落が拡大している。

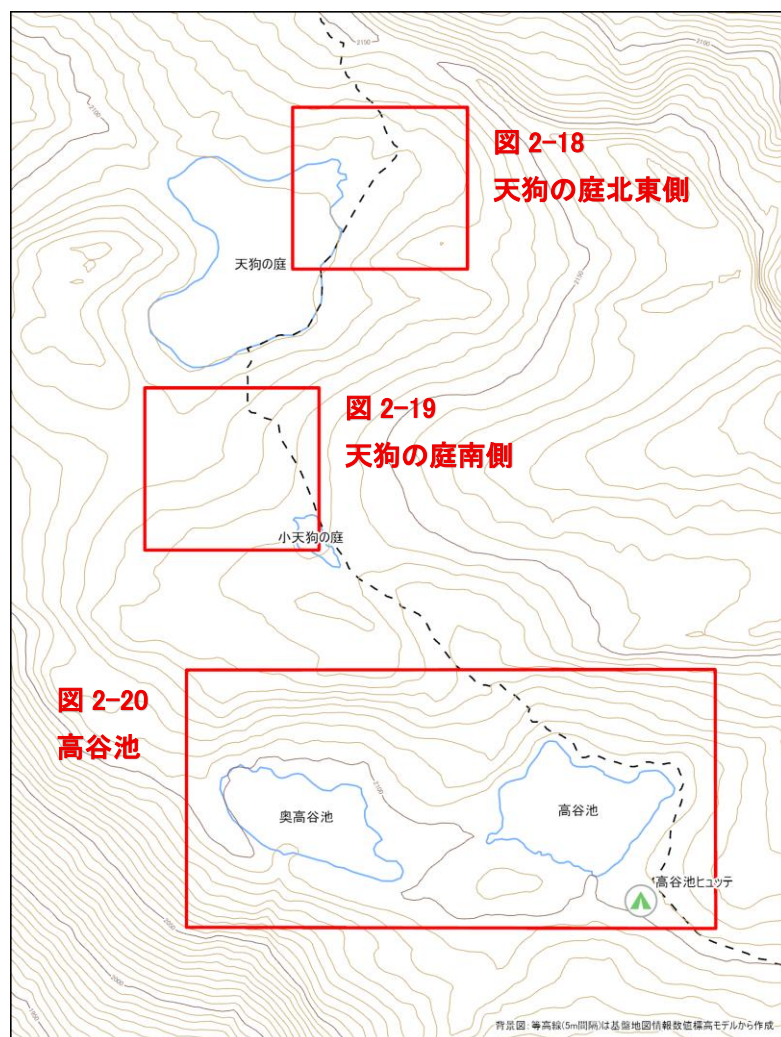
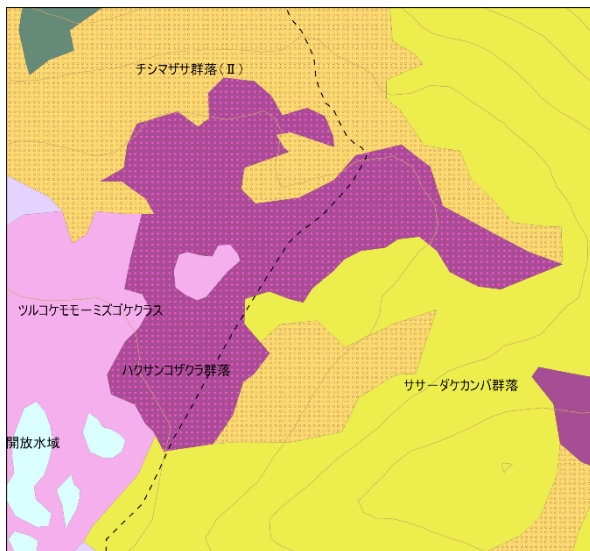


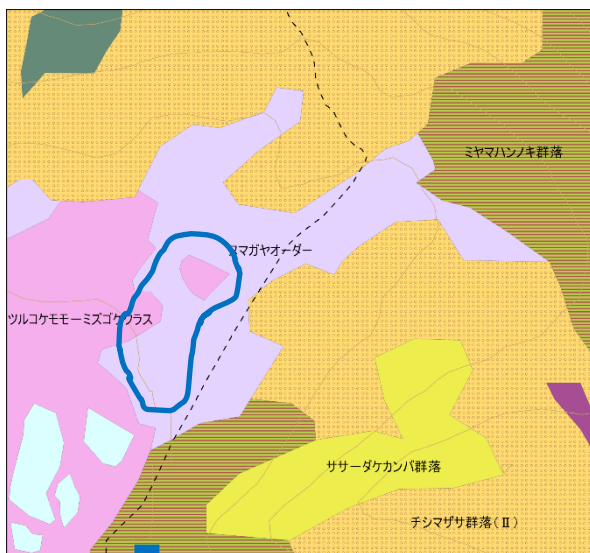
図 2-17 注目すべき植生変化箇所の図郭



1976年現存植生図



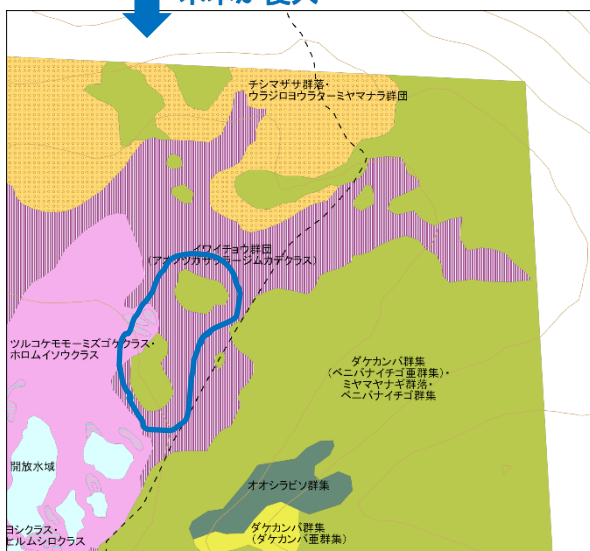
1976年 国土地理院空中写真  
チシマザサが拡大



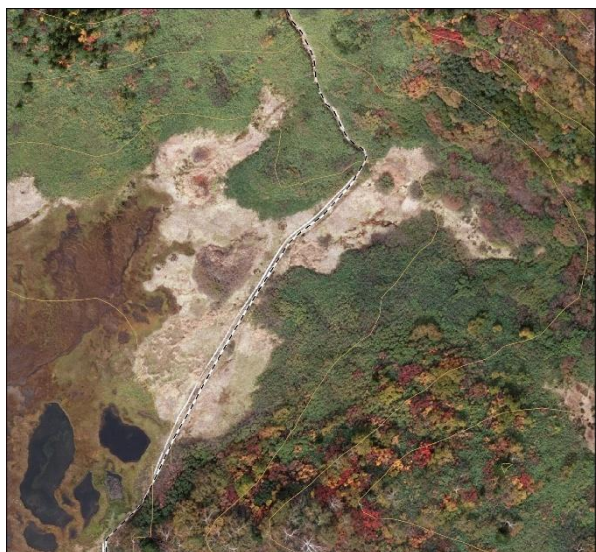
2010年現存植生図  
木本が侵入



2010年 国土地理院空中写真



2017年現存植生図

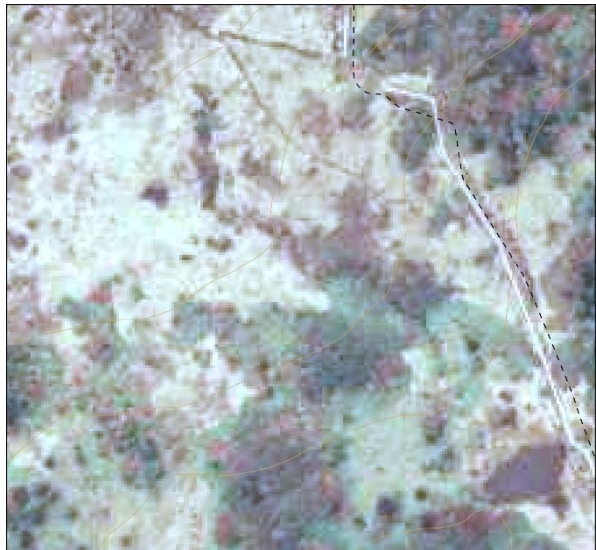


2017年 妙高市オルソ画像

図 2-18 天狗の庭北東側の注目すべき植生変化



1976年現存植生図



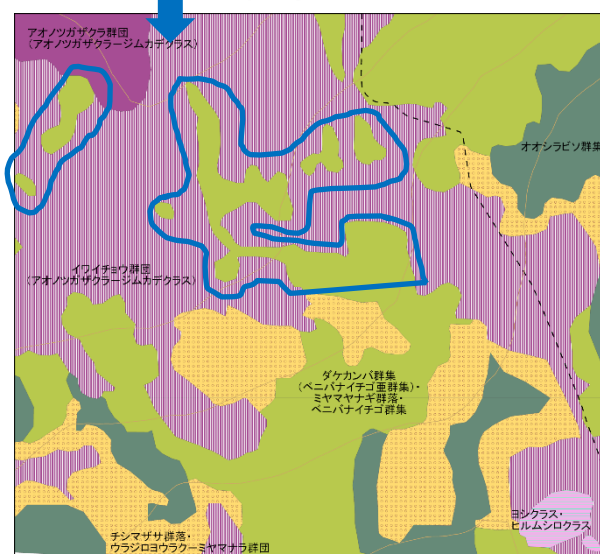
1976年 国土地理院空中写真



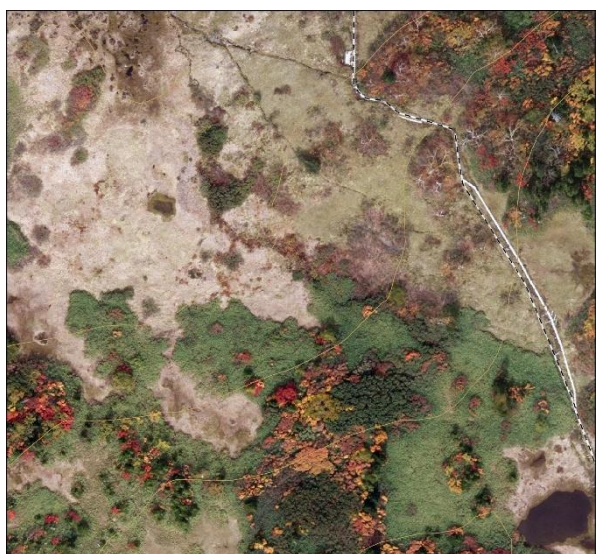
2010年現存植生図  
木本が侵入



2010年 国土地理院空中写真



2017年現存植生図



2017年 妙高市オルソ画像

図 2-19 天狗の庭南側の注目すべき植生変化

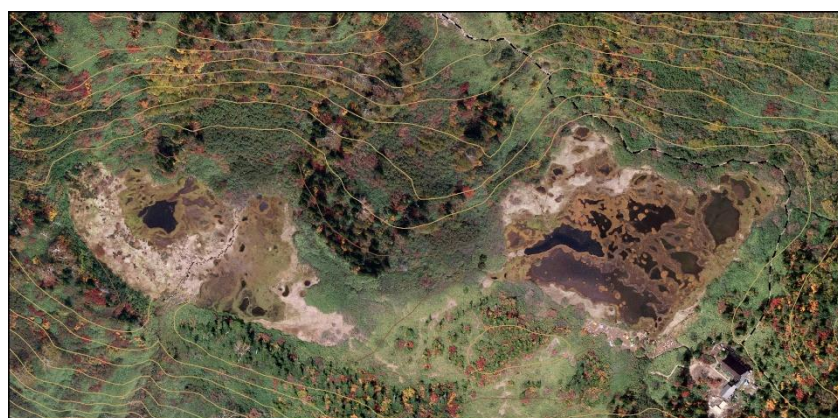


1976年 国土地理院空中写真

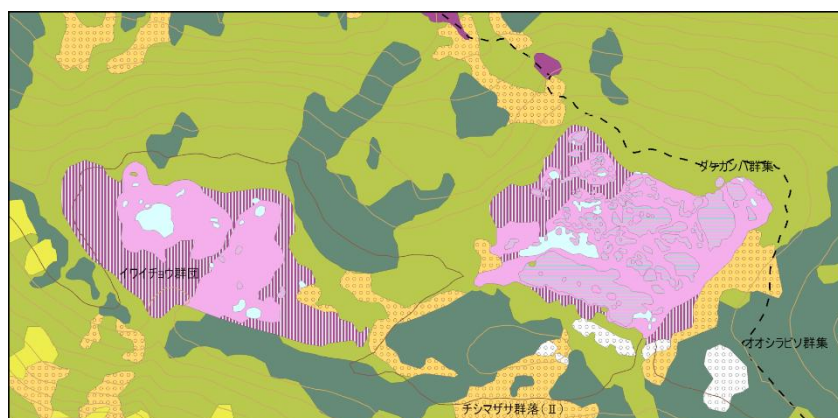
チシマザサが拡大



2010年 国土地理院空中写真



2017年 妙高市オルソ画像



2017年現存植生図

図 2-20 高谷池の注目すべき植生変化

### (3) 植生調査

高谷池・天狗の庭について、詳細な植生調査の記載がある文献は、文献 36、39、41、49 である。そのうち、調査位置が明らかなものは、文献 49 のみである。位置が明らかである植生調査地点については、今後の経年比較データを調査する地点の候補として挙げられる（表 2-12）。地点が分からない文献についても高谷池・天狗の庭の典型的な植生で調査が行われていると思われるため、参考に植生調査票を表 2-13 に示す。

参考としている文献 39 の植生調査地点については、1984 年当時、追跡調査は念頭になく永久方形区としての設定はされていない。しかし文献 44 において標高及び当時の調査参加者による地形判断などを参考に文献 39 の地点を追跡調査の方形区として設定しているため、同様に調査を行った新潟県生態研究会に確認することで方形区の位置を確定できる可能性もある。

表 2-12 文献内の植生調査結果(調査位置が明らかなデータ)

| 位置                  | 位置図あり                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 位置図あり                                                                                                                                           | 位置図あり                                                                                                                               |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地名                  | 高谷池                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 高谷池                                                                                                                                             | 小天狗の庭                                                                                                                               |
| 文献No                | 49                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 49                                                                                                                                              | 49                                                                                                                                  |
| 調査日                 | 2019/10/9                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2019/10/9                                                                                                                                       | 2019/10/10                                                                                                                          |
| 群落名                 | ミヤマヤナギ群落                                                                                                                                                                                                                                                                                            | イワイチョウ・ショウジョウスゲ群集                                                                                                                               | ハクサンコザクラ・アオノツガザクラ群落(低茎広葉草本型)                                                                                                        |
| 面積(m <sup>2</sup> ) | 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 25                                                                                                                                              | 9                                                                                                                                   |
| 海拔高(m)              | 2105                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2100                                                                                                                                            | 2135                                                                                                                                |
| 方位                  | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -                                                                                                                                               | -                                                                                                                                   |
| 傾斜(°)               | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0                                                                                                                                               | 0                                                                                                                                   |
| 低木層高(m)             | 2.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                     |
| 低木層植被率(%)           | 90                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                     |
| 草本層高(m)             | 0.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0.3                                                                                                                                             | 0.2                                                                                                                                 |
| 草本層植被率(%)           | 80                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 100                                                                                                                                             | 100                                                                                                                                 |
| コケ層植被率(%)           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                     |
| 出現種数                | 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 10                                                                                                                                              | 9                                                                                                                                   |
| S低木層                | 種名 被度・群度<br>ミヤマヤナギ 4・5<br>チシマザサ 2・3<br>ウラジロナナカマド 1・2<br>ミヤマハンノキ 1・2                                                                                                                                                                                                                                 | 種名 被度・群度                                                                                                                                        | 種名 被度・群度                                                                                                                            |
| K草本層                | ショウジョウスゲ 3・3<br>ミヤマツボスミレ 2・3<br>オニシモツケ 2・2<br>クロクモソウ 1・2<br>ミヤマセンキュウ 1・2<br>ベニバナイチゴ 1・2<br>マイヅルソウ 1・2<br>ミヤマメシダ 1・2<br>オオバノヨツバムグラ +・2<br>オヤマリンドウ +・2<br>ズダヤクシュ +・2<br>タカネヘビノネコザ +・2<br>ミズバショウ +・2<br>シナノオトギリ +・2<br>ミヤマアキノキリンソウ +・2<br>クルマユリ +<br>ショウジョウバカマ +<br>タケシマラン +<br>ノリウツギ +<br>ミウコウトリカブト + | イワノガリヤス 3・4<br>イワイチョウ 2・3<br>ショウジョウスゲ 2・3<br>ハクサンボウフウ 2・3<br>ワタスゲ 2・3<br>ハクサンコザクラ 2・2<br>ヒナガリヤス 2・2<br>ミヤマツボスミレ 2・2<br>キンスゲ 1・2<br>ヒメウメバチソウ 1・2 | イワイチョウ 4・4<br>ハクサンコザクラ 3・4<br>ミヤマホタルイ 3・3<br>キンスゲ 2・3<br>ショウジョウスゲ 2・2<br>イワノガリヤス 1・2<br>ミヤマセンキュウ 1・2<br>オヤマリンドウ +・2<br>ミヤマツボスミレ +・2 |



図 2-21 文献内の植生調査結果(調査位置が明らかなデータ)



表 2-14 参考:文献内の植生調査結果(高谷池 詳細な調査位置は不明)

|                     |                          |                          |                          |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 位置                  | 不明                       | 不明                       | 不明                       |
| 地名                  | 高谷池上部                    | 高谷池                      | 高谷池                      |
| 文献No                | 39                       | 39                       | 39                       |
| 調査日                 | 1984/8/13                | 1984/8/12                | 1984/8/12                |
| 群落名                 | ミヤマドジョウツナギー<br>オクヤマワラビ群集 | タカネヤハズハハコー<br>アオノツガザクラ群集 | タカネヤハズハハコー<br>アオノツガザクラ群集 |
| 面積(m <sup>2</sup> ) | 3                        | 1.8                      | 4                        |
| 海拔高(m)              | 2120                     | 2130                     | 2130                     |
| 方位                  | E                        | S                        | S                        |
| 傾斜(°)               | 5                        | 5                        | 5                        |
| 草本層高(m)             | 0.5                      | 0.2                      | 0.2                      |
| 草本層植被率(%)           | 75                       | 90                       | 100                      |
| コケ層植被率(%)           |                          |                          |                          |
| 出現種数                | 9                        | 10                       | 8                        |
| K草本層                | 種名 被度・群度                 | 種名 被度・群度                 | 種名 被度・群度                 |
|                     | オクヤマワラビ 4・4              | アオノツガザクラ 4・4             | イワイチョウ 5・4               |
|                     | カラクサイノデ 2・2              | イワイチョウ 2・2               | ハクサンコザクラ 1・2             |
|                     | クロクモソウ 1・2               | ネバリノギラン 1・2              | イワオトギリ ++・2              |
|                     | アラシグサ 1・2                | イワカガミ 1・2                | ネバリノギラン ++・2             |
|                     | ミヤマツボスミレ ++・2            | クロマメノキ ++・2              | ミネハライ ++・2               |
|                     | ハクサンボウフウ +               | シラネニンジン ++・2             | アオノツガザクラ +               |
|                     | クルマユリ +                  | イワオトギリ +                 | ミヤマツボスミレ +               |
|                     | モミジカラムツ +                | ミヤマドジョウツナギ +             |                          |
|                     | キヌガサソウ +                 | オヤマリンドウ +                |                          |
|                     |                          |                          |                          |
|                     |                          |                          |                          |
|                     |                          |                          |                          |
|                     |                          |                          |                          |
|                     |                          |                          |                          |

|                     |                          |                       |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| 位置                  | 不明                       | 不明                    |
| 地名                  | 高谷池                      | 高谷池                   |
| 文献No                | 39                       | 39                    |
| 調査日                 | 1984/8/12                | 1984/8/12             |
| 群落名                 | タカネヤハズハハコー<br>アオノツガザクラ群集 | イワイチョウー<br>ショウジョウスゲ群集 |
| 面積(m <sup>2</sup> ) | 1                        | 4                     |
| 海拔高(m)              | 2130                     | 2130                  |
| 方位                  | S                        | SW                    |
| 傾斜(°)               | 5                        | 10                    |
| 草本層高(m)             | 0.3                      | 0.5                   |
| 草本層植被率(%)           | 100                      | 100                   |
| コケ層植被率(%)           |                          |                       |
| 出現種数                | 10                       | 11                    |
| K草本層                | 種名 被度・群度                 | 種名 被度・群度              |
|                     | アオノツガザクラ 3・4             | イワイチョウ 5・5            |
|                     | クロマメノキ 2・2               | ショウジョウスゲ 1・2          |
|                     | イワイチョウ 2・2               | イワオトギリ ++・2           |
|                     | ネバリノギラン ++・2             | オヤマリンドウ ++・2          |
|                     | イワオトギリ +                 | ウラジロハナヒリノキ ++・2       |
|                     | ミヤマドジョウツナギ +             | ヒゲノガリヤス ++・2          |
|                     | イワカガミ +                  | イブキゼリ +               |
|                     | タカネヒカゲノカズラ +             | ハクサンコザクラ +            |
|                     |                          | イワカガミ +               |
|                     |                          |                       |
|                     |                          |                       |
|                     |                          |                       |
|                     |                          |                       |

#### (4) 定点写真の経年比較

高谷池ヒュッテの元管理人である築田博氏による提供の高谷池・天狗の庭のほぼ同時期（9 月）に撮影された写真について、経年的に比較する。高谷池についてはヒュッテが映るように対岸から撮影されたもの（図 2-22）、天狗の庭については雷鳥平下の見渡せる地点から撮影されたもの（図 2-23）である。

高谷池の最も古い写真が 1999 年（26 年前）のもので、最新の 2025 年と比較すると小面積の池塘の水面が陸域となっている箇所がみて取れる。また、大きい池塘については水面の中にミヤマホタルイ等の抽水植物の茎が生育している。これは 2010 年のように年によって多くみられることがあるようだが、経年的には増加しているようにみえる。

天狗の庭については写真からは変化を読み取るに至らなかった。

|                                                                                      |                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|    | 1999年9月28日                                                                   |
|    | 2001年9月6日                                                                    |
|   | 2010年9月4日<br>この年は<br>池塘水面の中に<br>抽水植物が多く広が<br>っている。                           |
|  | 2017年9月14日                                                                   |
|  | 2025年9月16日<br>1999年に比べ、<br>小面積の池塘が縮<br>小、<br>また池塘水面の<br>抽水植物が増加し<br>たように見える。 |

図 2-22 定点写真経年比較(高谷池)(撮影: 築田博氏)

|                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|    | 2000年9月9日  |
|   | 2007年9月9日  |
|  | 2023年8月31日 |

図 2-23 定点写真経年比較(天狗の庭)(撮影:築田博氏)

## (5) 植生変化に関連する記載

今回収集できた文献の中で最も古いものが、1971 年に調査を実施している文献 36 であるが、この時点で「天狗の庭は、かつてはハクサンコザクラの大群落でおおわれ、まことにみごとな景観であったが、近年ハクサンコザクラが衰退し、イワイチョウが広がりつつある興味深い現象がみられる。」と言及されている。

また、文献 46（調査実施 2017 年）においてハクサンコザクラの経年変化について以下のように述べられている。「元高谷池ヒュッテ管理人築田博氏からは、“天狗の庭のハクサンコザクラも最近少なくなったとの声がある。ハクサンコザクラは花の当たり年と不良の年、満開の時か、ややずれた時かの違いはあるが、ハクサンコザクラの花が少なくなったのは確実だろう”と指摘されている。築田博氏が撮影した天狗の庭湿原及び小天狗の庭における、ほぼ同位置の 1992 年と 2003 年 7 月及び 2017 年 7 月の比較写真（写真 2-1）、並びに小天狗の庭における 2002 年 7 月と 2017 年 7 月の比較写真（写真 2-2）を図示したが、天狗の庭湿原及び小天狗の庭の湿原におけるハクサンコザクラの開花数の減少が認められた。」加えてその原因としては「本調査における現在のハクサンコザクラ等の生育立地については、ハクサンコザクラとイワイチョウは混生して群落を形成することが多いが、両者の生育量は微地形により異なる。ハクサンコザクラは、湿原の凹状地や凸状地と凸状地の間の平坦地で、水分量の多い立地に多く、イワイチョウは凸状の乾燥しやすい立地に多いことが明らかになった。イワイチョウは比較的草丈が高く葉が大きいので、混生する草丈の低いハクサンコザクラの生育を制限するものと考えられる。また、ハクサンコザクラの開花数減少の経年変化が認められたことから、近年の年平均気温の上昇と積雪量の減少（文献 47）に伴う湿原の乾燥化、並びに木道設置に伴う湿原の水位低下等（木道脇が雨水融雪水の流路となり浸食）の人為的影響を含めた湿原の乾燥化が、イワイチョウの生育量の増加とハクサンコザクラの減少に繋がっている可能性がある。」と考察している。

また、文献 45（実施 2017 年）においても、「ササ群落の増加は土壌の乾燥（小雪など）で起こると考えられ、天狗の庭湿原周辺が乾燥化の傾向にあるものと考えられる。これに伴い、湿生のハクサンコザクラ群落が減少し、より乾燥したイワイチョウが多いヌマガヤオーダーが増加するなど、湿原の質にも変化がみられる。」とまとめている。

文献 44 において、植生環境の変化について以下のように記載がある。「天狗の庭は、以前には岩とアオノツガザクラが特に目立つ景観の場所で、7 月から 8 月にはハクサンコザクラのピンクの花が一面に咲いていた場所である。天狗の庭の名の謂われとなった貴重な場所であるが、現在はここにもイネ科植物の侵入が始まっている。」（写真 2-3）



1992年  
撮影



2003年7月22日  
撮影



2017年7月18日  
撮影

写真 2-1 天狗の庭湿原におけるハクサンコザクラの生育状況の変化(撮影: 築田博氏、文献46より引用)



2002年7月12日  
撮影  
(上・左)



2017年7月17日  
撮影

写真 2-2 小天狗の庭湿原におけるハクサンコザクラの生育状況の変化(撮影: 築田博氏、文献46より引用)



登山道わきに侵入したイネ科植物  
2016年9月2日



10年前ハクサンコザクラの花が一面に咲いていた  
場所に侵入したイネ科植物



アオノツガザクラ、ハクサンコザクラが優占した場所  
は、イワイチョウとイネ科に代わりつつある。



天狗の庭に侵入したイネ科植物  
2016年10月26日

写真 2-3 天狗の庭におけるイネ科植物の侵入(文献44より引用)

## (6) 高谷池・天狗の庭における植生変化のまとめ

今回収集した高谷池・天狗の庭の植生変化に関する文献において、ササの拡大、低木やイネ科植物の侵入が確認された。高谷池・天狗の庭の成立要因は、ともに雷菱火山の溶岩流の窪地、凹地に湛水したもので、地下水涵養型であるといえる。加えて、夏に至るまで周囲に多量の残雪があり、雪田草原型の要素もある。文献 11 にもあるように、天狗の庭は東日本における湿生草原の中では、湿原縮小率は比較的低い方であるが、これは地下水涵養型の要素による。しかし本業務の整理で確認されたハクサンコザクラの減少やササの拡大といった変化は雪田草原型の脆弱性があらわれたものと思われる。

ササの拡大は湿原周辺部に元々生育しているササが伸長拡大することで、湿原面積を減少させている。湿原よりも比高が高い周辺部（やや乾燥しやすい立地）でより進行していると思われる。それに対し、ミネヤナギ等の低木やノガリヤス類等のイネ科植物の種子は風によって散布される植物であり、湿原内の乾燥化が進行した箇所へ侵入したと思われる。

現存植生図、植生調査、定点写真、ハクサンコザクラ、ササ・低木・イネ科植物についての植生変化に関する事項の経年推移を表 2-16 に整理した。以下植生変化の概要である。

表 2-15 高谷池・天狗の庭における植生変化のまとめ

| 雪田草原における変化                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 天狗の庭及び小天狗の庭においてハクサンコザクラの減少。</li> <li>・ 高谷池・天狗の庭において 1976 年から 2010 年の間にはチシマザサが湿原部分へ拡大。</li> <li>・ 天狗の庭において 2016 年時点で、雪田草原にイネ科植物の侵入が始まっている。</li> </ul> |
| 高層湿原における変化                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 天狗の庭において 2010 年から 2017 年の間には湿原部分へ木本が侵入。</li> <li>・ 高谷池において 1999 年に比べ、小面積の池塘が縮小、池塘水面の抽水植物が増加。</li> </ul>                                              |

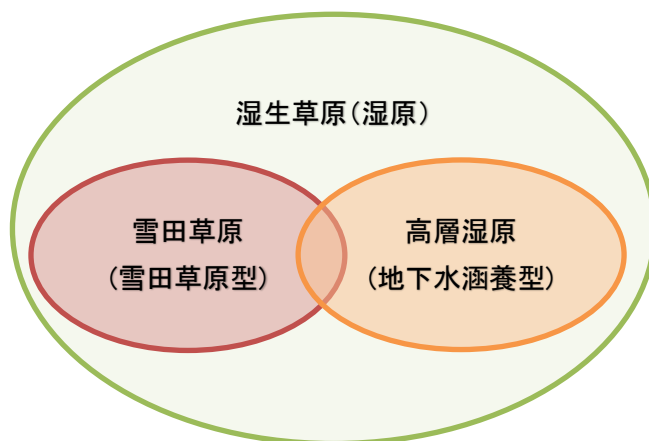


図 2-24 湿原の植生名称のイメージ

表 2-16 高谷池・天狗の庭の植生に関する事項の経年推移

| 年前  | 和暦    | 西暦   | ハクサンコザクラ                                   | ササ・低木・イネ科植物                                              | 現存植生図                 | 植生調査      | 定点写真 |
|-----|-------|------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|------|
| 54  | 昭和46年 | 1971 | 文献36<br>天狗の庭ハクサンコザクラ衰退について言及               |                                                          |                       | (文献36)    |      |
| 53  | 昭和47年 | 1972 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 52  | 昭和48年 | 1973 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 51  | 昭和49年 | 1974 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 50  | 昭和50年 | 1975 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 49  | 昭和51年 | 1976 |                                            |                                                          | 文献45                  |           |      |
| 48  | 昭和52年 | 1977 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 47  | 昭和53年 | 1978 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 46  | 昭和54年 | 1979 |                                            |                                                          | (文献37)                |           |      |
| 45  | 昭和55年 | 1980 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 44  | 昭和56年 | 1981 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 43  | 昭和57年 | 1982 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 42  | 昭和58年 | 1983 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 41  | 昭和59年 | 1984 |                                            |                                                          |                       | (文献39、41) |      |
| 40  | 昭和60年 | 1985 |                                            |                                                          | (文献40)                |           |      |
| 39  | 昭和61年 | 1986 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 38  | 昭和62年 | 1987 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 37  | 昭和63年 | 1988 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 36  | 平成1年  | 1989 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 35  | 平成2年  | 1990 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 34  | 平成3年  | 1991 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 33  | 平成4年  | 1992 | 文献46<br>天狗の庭写真(ハクサンコザクラ多い)                 |                                                          |                       |           |      |
| 32  | 平成5年  | 1993 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 31  | 平成6年  | 1994 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 30  | 平成7年  | 1995 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 29  | 平成8年  | 1996 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 28  | 平成9年  | 1997 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 27  | 平成10年 | 1998 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 26  | 平成11年 | 1999 |                                            |                                                          |                       |           | 高谷池  |
| 25  | 平成12年 | 2000 |                                            |                                                          |                       |           | 天狗の庭 |
| 24  | 平成13年 | 2001 |                                            |                                                          |                       |           | 高谷池  |
| 23  | 平成14年 | 2002 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 22  | 平成15年 | 2003 | 文献46<br>天狗の庭・小天狗の庭写真<br>(ハクサンコザクラ減少)       |                                                          |                       |           |      |
| 21  | 平成16年 | 2004 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 20  | 平成17年 | 2005 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 19  | 平成18年 | 2006 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 18  | 平成19年 | 2007 |                                            |                                                          |                       |           | 天狗の庭 |
| 17  | 平成20年 | 2008 |                                            | 文献45<br>チシマザサが湿原へ<br>拡大                                  |                       |           |      |
| 16  | 平成21年 | 2009 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 15  | 平成22年 | 2010 |                                            |                                                          | 文献45                  |           | 高谷池  |
| 14  | 平成23年 | 2011 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 13  | 平成24年 | 2012 |                                            | 文献44<br>天狗の庭の登山道脇<br>やハクサンコザクラが<br>優占していた場所にイ<br>ネ科植物が侵入 |                       |           |      |
| 12  | 平成25年 | 2013 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 11  | 平成26年 | 2014 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 10  | 平成27年 | 2015 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 9   | 平成28年 | 2016 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 8   | 平成29年 | 2017 | 文献46<br>天狗の庭・小天狗の<br>庭写真(ハクサンコザ<br>クラほぼない) | 文献46<br>低木が湿原に侵入                                         | 文献46、(文献51)           |           | 高谷池  |
| 7   | 平成30年 | 2018 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 6   | 令和1年  | 2019 |                                            |                                                          |                       | 文献49      |      |
| 5   | 令和2年  | 2020 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 4   | 令和3年  | 2021 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 3   | 令和4年  | 2022 |                                            |                                                          |                       |           |      |
| 2   | 令和5年  | 2023 |                                            |                                                          |                       |           | 天狗の庭 |
| 1   | 令和6年  | 2024 |                                            |                                                          | 小面積池塘の縮小、<br>池塘の抽水植物増 |           |      |
| 本業務 | 令和7年  | 2025 |                                            |                                                          |                       |           | 高谷池  |

## 2-4. 気象

### (1) 解析に用いた気象データ

高谷池・天狗の庭周辺における過去の気象データとして収集した観測地点の一覧を表 2-17 に、それらの位置を図 2-25 に示す。また、各観測地点における観測項目を表 2-18 に示す。

気象庁のアメダス観測地点は、新潟県側の能生と関山、長野県側の小谷と信濃町の計 4 点を用いた。アメダスの観測項目のうち、気温、降水量、積雪、風向・風速を解析対象とした（小谷は降水量と積雪のみを観測）。

防災科学技術研究所の雪氷防災センターでは、笹ヶ峰において積雪期（11 月～6 月）の気象観測を行っていることから、気温と積雪のデータ提供を受けて解析に用いた。

笹ヶ峰ダムにおいてはダムを管理する新潟県が気象観測を行っていることから、データ提供を受けた。ただし笹ヶ峰ダムの観測データは表 2-18 の注記に記載したように、気象解析に十分な精度を有していないと考えられたため、解析は一部のデータに留めた。

高谷池直近の高谷池ヒュッテにおいては、ヒュッテの元管理人である築田博氏が 2016 年より気温の観測を行っており、そのデータの提供を受けた。

表 2-17 気象データの観測地点

| 地点          |         | 位置          |              |       | 備考       |
|-------------|---------|-------------|--------------|-------|----------|
| 種別・提供元      | 観測地点    | 緯度(N)       | 経度(E)        | 標高(m) |          |
| 気象庁<br>アメダス | 能生      | 37° 05′ 00″ | 138° 01′ 32″ | 55    |          |
|             | 関山      | 36° 56′ 00″ | 138° 13′ 18″ | 350   |          |
|             | 小谷      | 36° 49′ 18″ | 137° 55′ 48″ | 550   |          |
|             | 信濃町     | 36° 48′ 30″ | 137° 55′ 48″ | 685   |          |
| 防災科研 ※1     | 笹ヶ峰     | 36° 52′ 06″ | 138° 04′ 42″ | 1,310 | 火打山登山口付近 |
| 新潟県 ※2      | 笹ヶ峰ダム   | 36° 51′ 32″ | 138° 04′ 32″ | 1,230 | ダム管理所付近  |
| 築田博氏 ※3     | 高谷池ヒュッテ | 36° 54′ 35″ | 138° 05′ 06″ | 2,105 |          |

※1: 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター

※2: 新潟県 上越地域振興局 農林振興部 農村整備課

※3: 高谷池ヒュッテ元管理人

表 2-18 地点毎の観測項目

| 地点          |         | 観測項目 |      |      |       |
|-------------|---------|------|------|------|-------|
| 種別・提供元      | 観測地点    | 気温   | 降水量  | 積雪   | 風向・風速 |
| 気象庁<br>アメダス | 能生      | ○    | ○    | ○    | ○     |
|             | 関山      | ○    | ○    | ○    | ○     |
|             | 小谷      | -    | ○    | ○    | -     |
|             | 信濃町     | ○    | ○    | ○    | ○     |
| 防災科研        | 笹ヶ峰     | ○ ※1 | -    | ○ ※1 | -     |
| 新潟県         | 笹ヶ峰ダム   | △ ※2 | △ ※3 | △ ※4 | △ ※2  |
| 築田博氏        | 高谷池ヒュッテ | ○    | -    | -    | -     |

※1: 冬季の積雪状況把握が目的のため、11 月～6 月の観測値

※2: 「笹ヶ峰ダム管理日誌」に記載されているのは午前 9 時のデータのため通常の平均気温は算出できない

※3: 降雪を降水量として観測できておらず冬季のデータが過小評価となっている可能性

（強風のため雨量計で雪を捕捉できていない等の原因が推測される）

※4: 冬季はダム管理所が無人的となるため巡視時しか観測されておらず、最深積雪深を把握できない

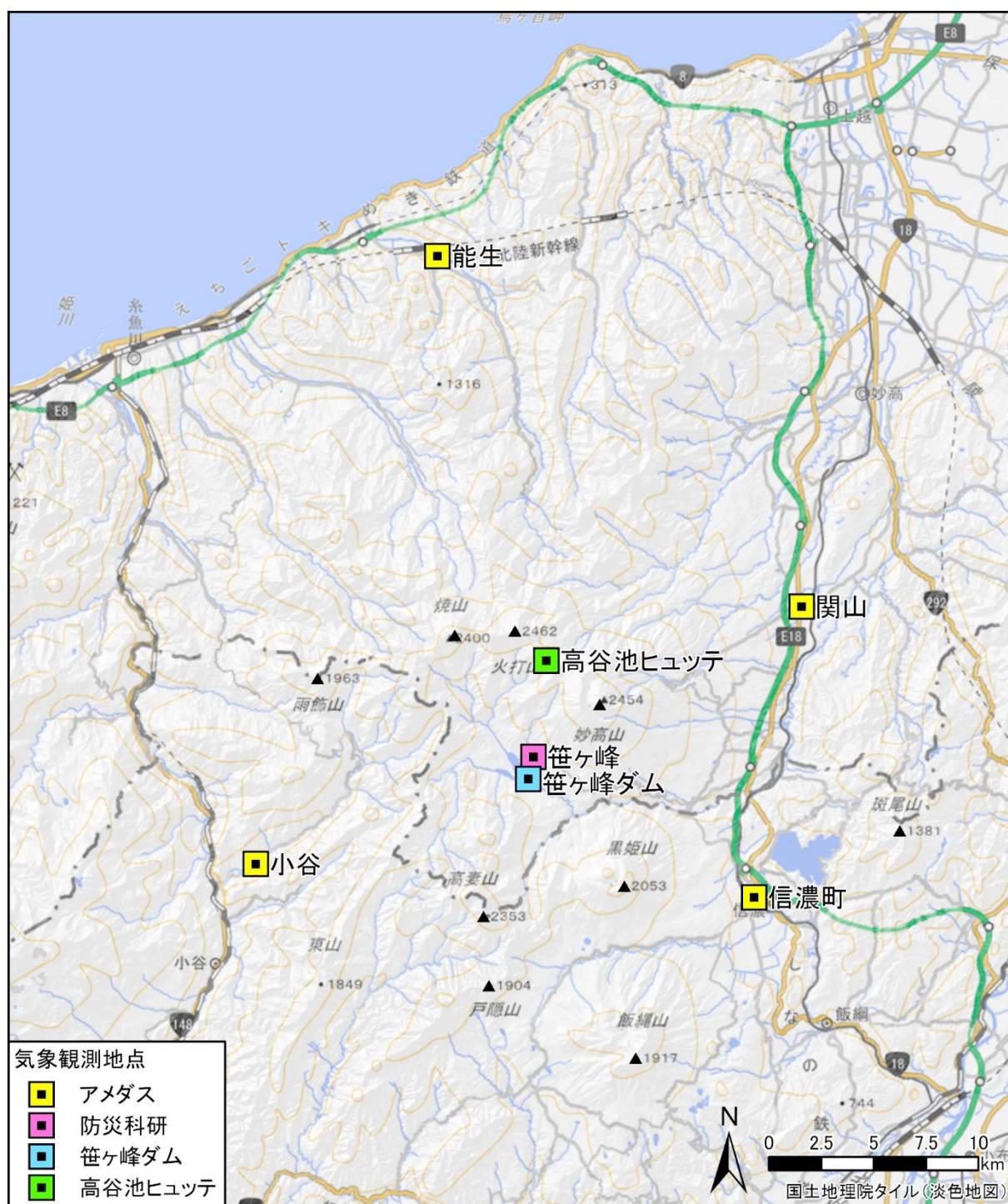


図 2-25 気象データの観測地点

## (2) 解析結果

### ア) 気温

#### ① アメダス

アメダス観測地点における 1981 年から 2025 年までの気温の推移について、年平均気温を図 2-26、年最高気温を図 2-27、年最低気温を図 2-28 に示す。

いずれも 3 地点のうち能生が最も気温が高く、次いで関山、信濃町の順となり、標高が高い地点ほど気温が低い（能生：55m、関山：350m、信濃町：685m）。

図示した 45 年間に於いて、いずれの地点も気温が上昇傾向にある。年平均気温の長期変化傾向では、能生と関山で約 1℃、信濃町で約 2℃上昇している。年最高気温の長期変化傾向は、関山はほとんど上昇が認められないが、能生で約 2℃、信濃町で約 3.5℃上昇している。年最低気温では、能生で約 1℃、関山で約 0.5℃、信濃町で約 2.5℃上昇している。

3 地点のうちでは最も内陸に位置して標高が高く、相対的に気温の低い信濃町において、気温の上昇幅が大きい。

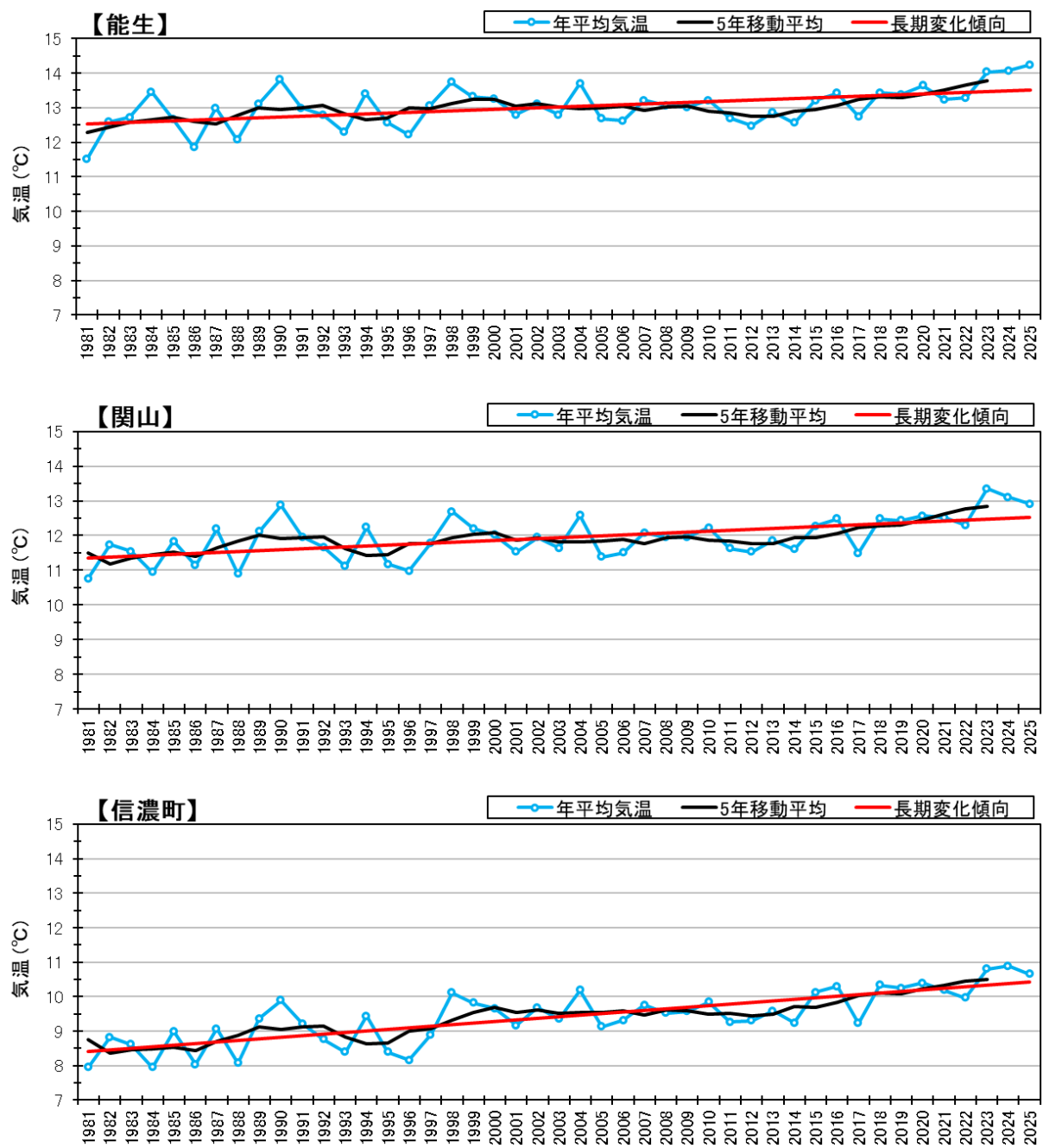


図 2-26 アメダス観測地点における年平均気温

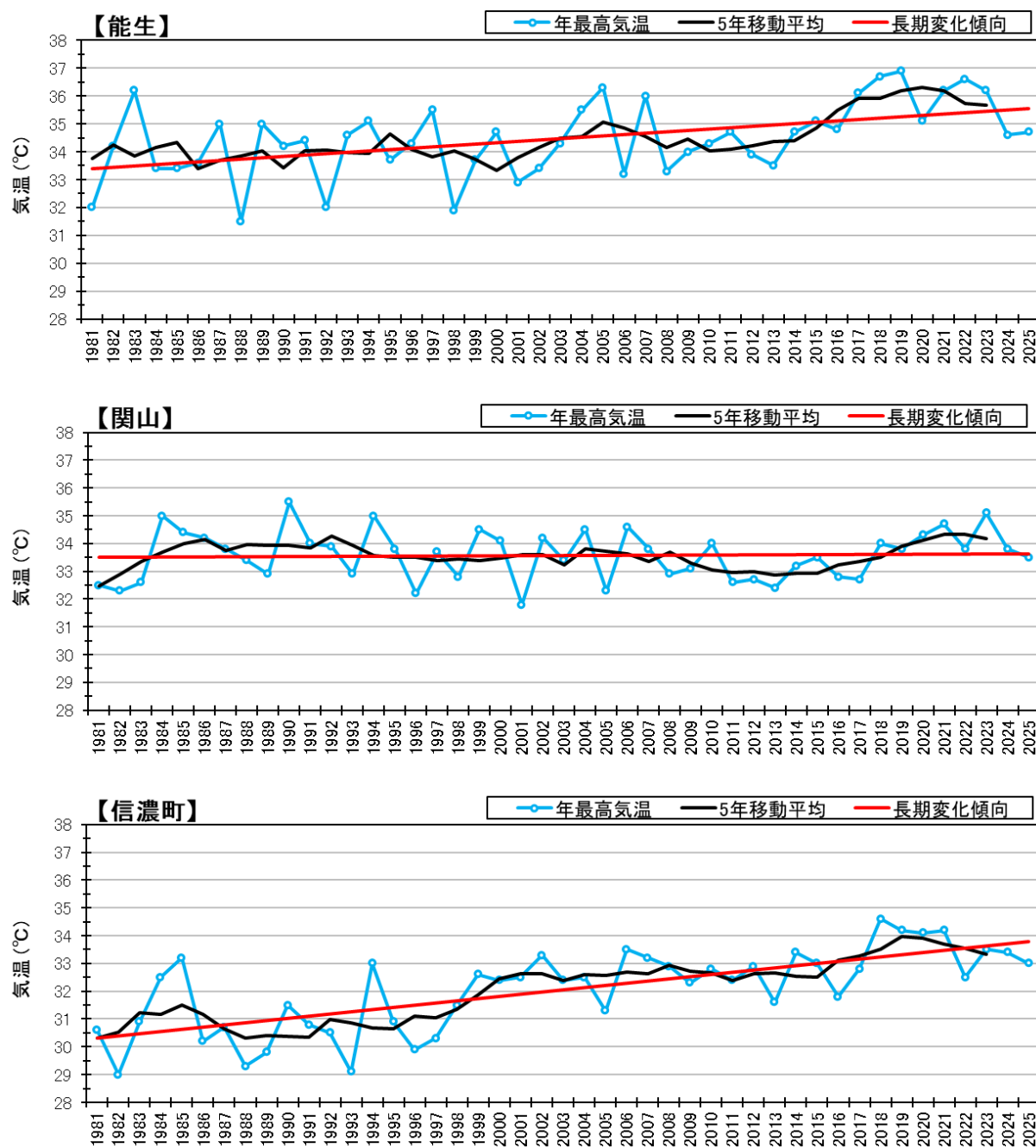


図 2-27 アメダス観測地点における年最高気温

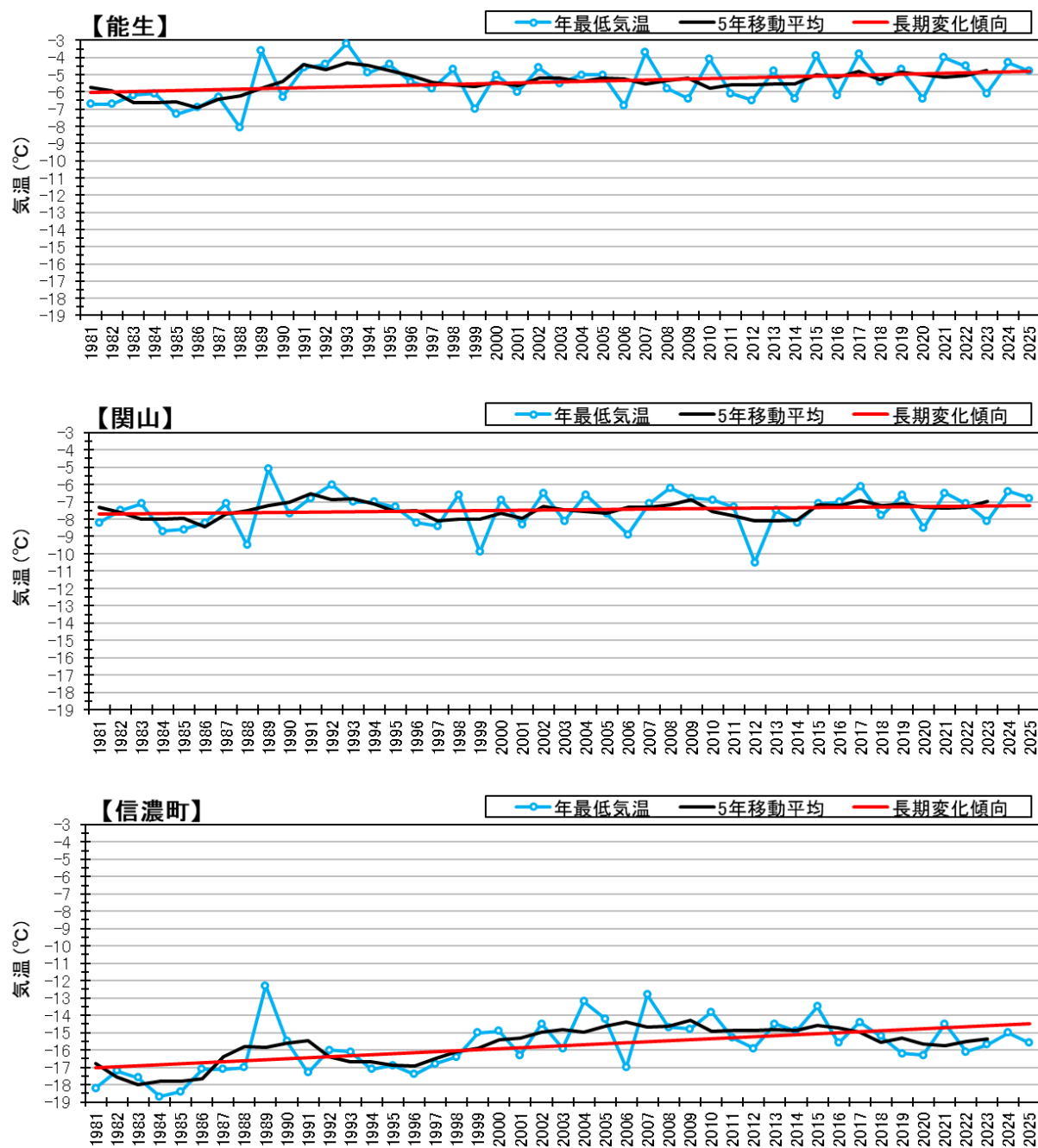


図 2-28 アメダス観測地点における年最低気温

## ② 笹ヶ峰（防災科研）

笹ヶ峰において防災科研により 11 月から 6 月まで観測されている気温データより、1991 年寒候年から 2025 年寒候年の積雪期間における平均気温の推移について、図 2-29 に示す（観測データが一定期間欠測であったため平均気温を算出できない年もある）。

寒候年とは、冬の降雪や低温などの季節現象を統計的に扱う際に用いる「前年 8 月 1 日から当年 7 月 31 日まで」の 1 年間の期間のことである。ここでは、12 月から 4 月を積雪期とし、そのうち気温が低く積雪が増加する期間に当たる 12 月から 2 月を積雪増加期、気温が上昇して融雪が進む 3 月から 4 月を融雪期として、3 種について示した。なお、実際に雪が解けて地表が現れる消雪日は、笹ヶ峰では 5 月頃となるため 5 月も融雪期と言えるものの、消雪日は年によって大きく変動して 5 月には既に雪がない年もあることから、ここでは 3 月から 4 月を融雪期とした。

図示した 35 年間に於いて、積雪期（12-4 月）、積雪増加期（12-2 月）、融雪期（3-4 月）のいずれも気温が上昇傾向にある。長期変化傾向は、積雪期で約 1.5℃、積雪増加期で約 1℃、融雪期で約 1.5℃上昇しており、真冬よりも早春において気温の上昇傾向が大きい。既存文献調査より、消雪日は冬季の積雪量に影響を受けることが分かっている。これらの期間における気温上昇は、降雪・積雪量の減少をもたらす、結果的に消雪の早期化に影響している可能性が考えられる。

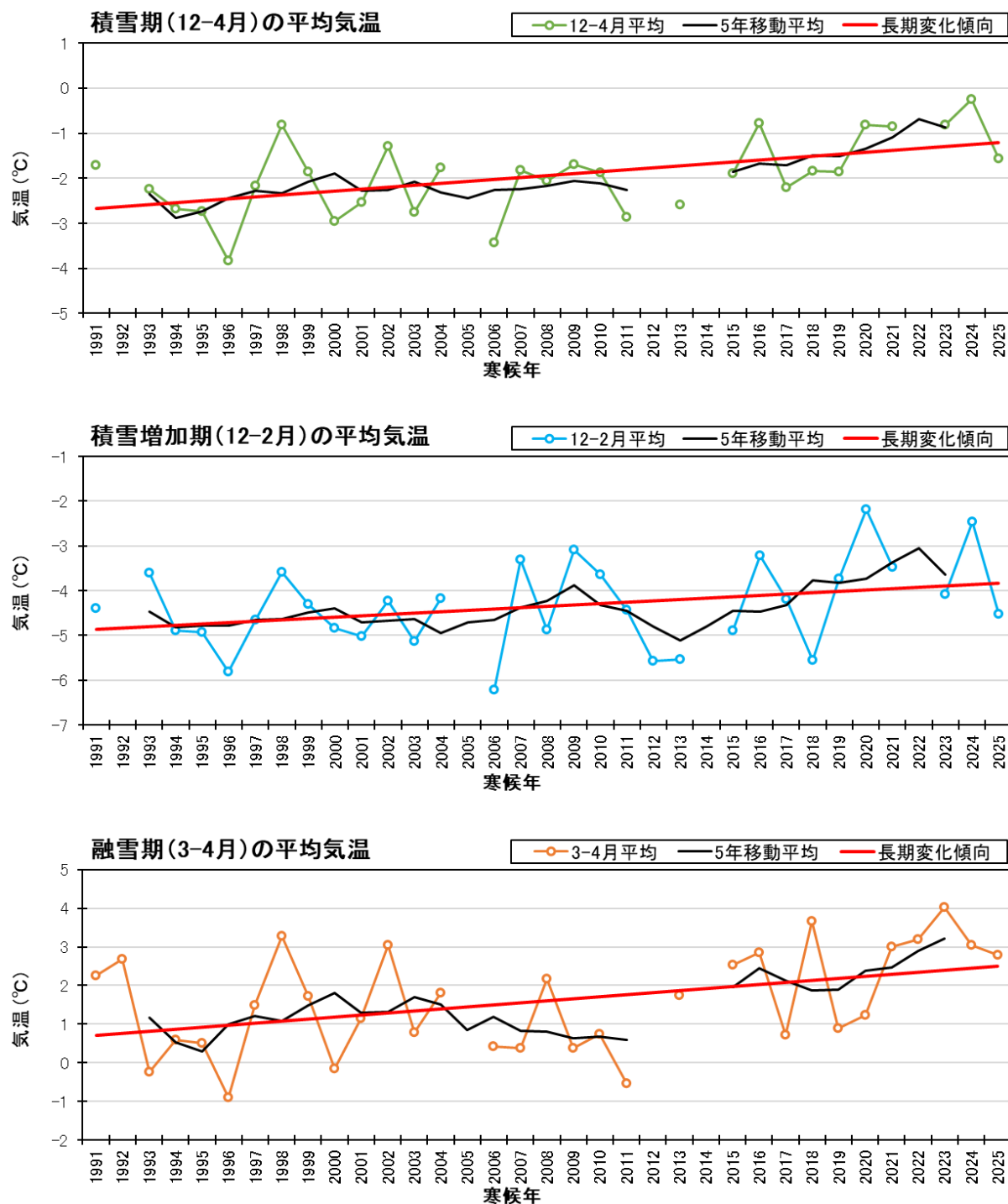


図 2-29 笹ヶ峰における積雪期間の平均気温  
(上:積雪期(12-4月)、中:積雪増加期(12-2月)、下:融雪期(3-4月))

### ③ 笹ヶ峰ダム

笹ヶ峰ダムにおける 1984 年から 2025 年までの、午前 9 時観測気温の年平均を図 2-30 に示す（観測データが一定期間欠測であったため平均を算出できない年もある）。1 日のうち午前 9 時のみのデータしかないため、通常の年平均気温等は把握できないことから、参考データとしての位置づけである。しかしながら、このデータからも気温の長期変化傾向では上昇が認められる。

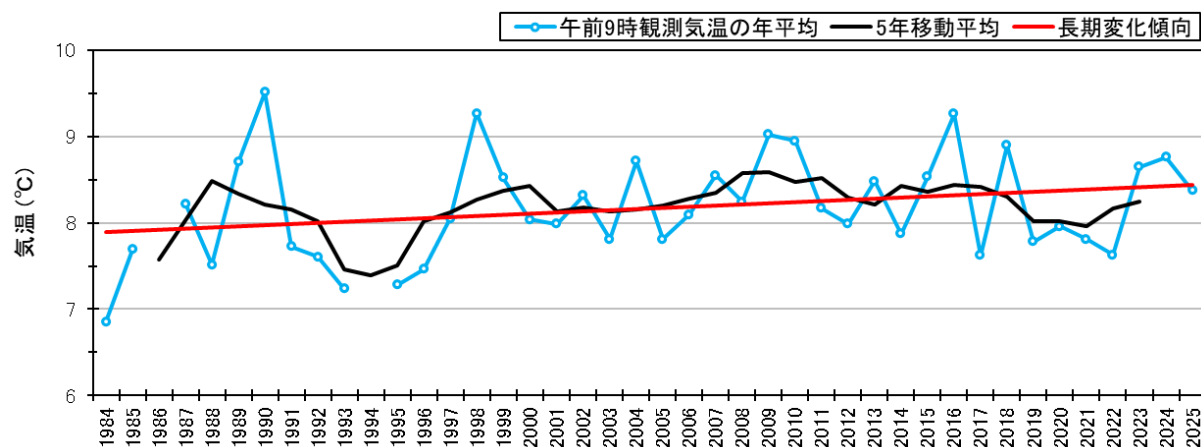


図 2-30 笹ヶ峰ダムにおける午前9時観測気温の年平均

#### ④ 高谷池ヒュッテ

##### ○気温

高谷池ヒュッテにおける 2017 年から 2024 年までの気温の推移について、年平均気温、年最高気温、年最低気温を図 2-31 に示す。

アメダス観測地点のうち最も気温の低い信濃町よりも年平均気温で 6℃程度低い値となっている。年最高気温は 25～28℃程度で 30℃を上回る夏日となることはない。年最低気温は-16～-22℃程度である。高谷池ヒュッテは標高 2,105m の山中に位置し、平地よりも寒冷的な気候であることがうかがえる。

観測期間が 8 年間でまだ短く、長期的な傾向を把握するにはデータが十分ではないが、この直近 8 年間で気温が上昇傾向にあるようにみえる。

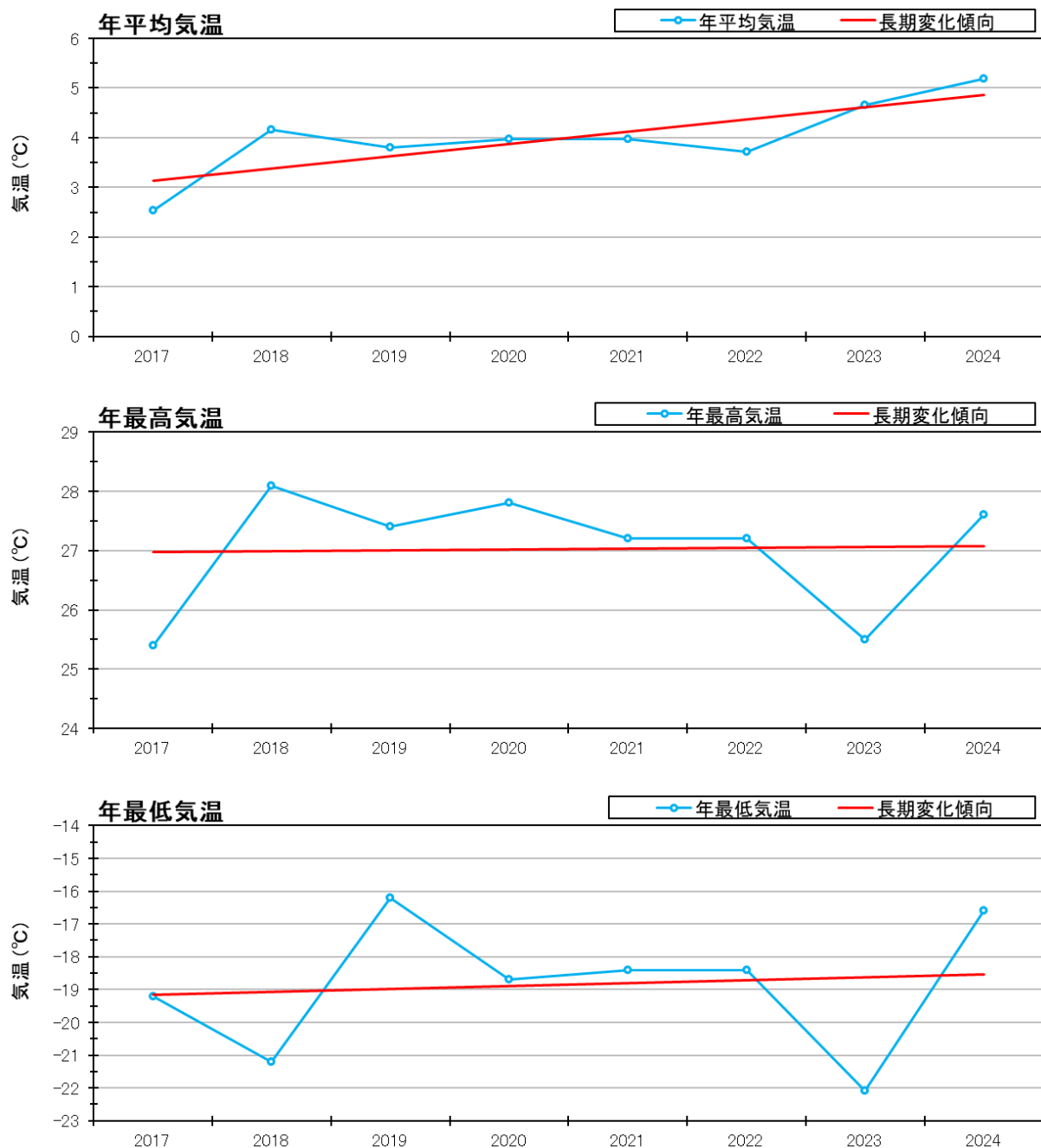


図 2-31 高谷池ヒュッテにおける年間気温(上:年平均、中:年最高、下:年最低)

## ○暖かさの指数

暖かさの指数は、月平均気温を基にその年の気候条件を評価する指標である。暖かさの指数は、月平均気温が5℃を超える月について、《月平均気温－5℃》を合計した値であり、植物の生育に寄与する温暖さの程度を表す。これらの指数を用いることで、単純な年平均気温では把握しにくい、季節的な温暖・寒冷条件の強さや年ごとの気候特性を比較することが可能となる。暖かさの指数は、日本における植生帯の区分と良好な対応関係を示す指標である。一般に、暖かさの指数が180を超える地域では亜熱帯林が成立し、85～180の範囲ではシイ・カシ類を主体とする常緑広葉樹林が分布する。暖かさの指数が45～85の地域では、ブナやミズナラなどからなる落葉広葉樹林が成立し、さらに15～45の低温条件下では、トドマツやエゾマツ等の亜高山帯針葉樹林が優占する。暖かさの指数が15以下となる地域では、森林は成立せず、ハイマツ林や高山草原などの高山植生が分布する。

高谷池ヒュッテで観測された気温データから算出した暖かさの指数を図2-32に示す。2017年から2024年までの8年間の暖かさの指数は約38～53の範囲にあり、亜高山帯針葉樹林と落葉広葉樹林の境界付近を推移している。高谷池ヒュッテ付近にはオオシラビソからなる亜高山帯針葉樹林が分布し、またその下部にはブナを主体とした落葉広葉樹林が成立していることから、暖かさの指数に基づいた植生帯の区分に合致している。

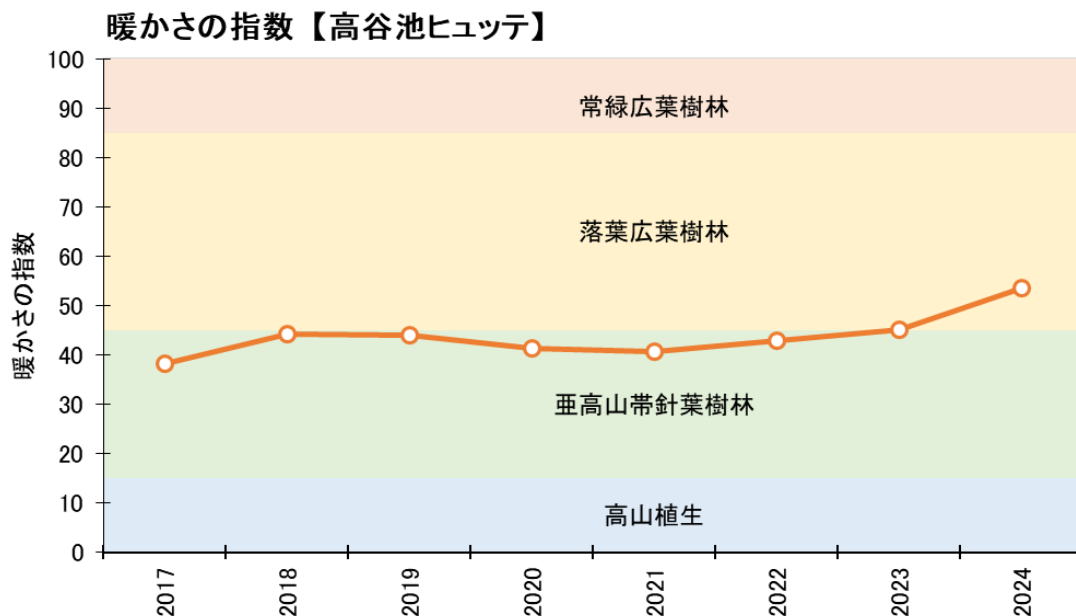


図 2-32 高谷池ヒュッテにおける暖かさの指数

## イ) 降水量

### ① アメダス

アメダス観測地点における 1981 年から 2025 年までの年降水量の推移を図 2-33 に示す。

沿岸部に位置する能生が最も降水量が多く、年間 3,000mm 前後の降水がある。内陸ほど降水量が少ない傾向があり、信濃町が最も少なく年間 1,500mm に満たない年も多い。関山と小谷は 2,000mm 前後を推移している。

図示した 45 年間に於いて、降水量の明確な増減傾向は認められない。

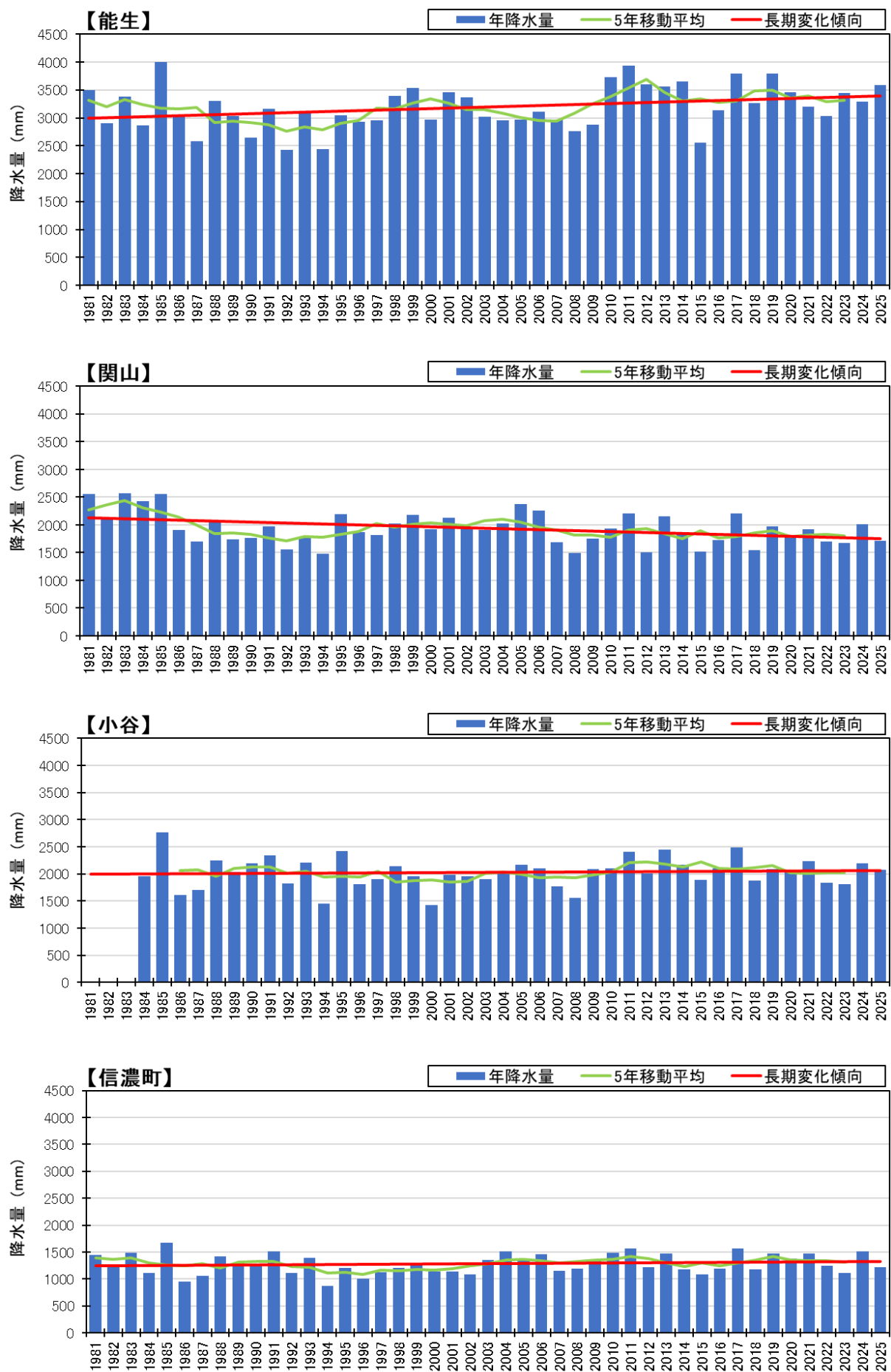


図 2-33 アメダス観測地点における年降水量

## ウ) 積雪・降雪

### ① アメダス

アメダス観測地点における 1981 年寒候年から 2025 年寒候年の積雪と降雪の推移について、最深積雪深を図 2-34、寒候年の累積降雪量を図 2-35 に示す。累積降雪量は日降雪量を合計した値であり、各寒候年において降雪がどれだけあったかを示すものである。

最深積雪深は関山が最も大きく、図示した 45 年間の平均で 211cm となる。次いで小谷が 161cm、能生が 116cm、信濃町が 109cm の平均値である。長期変化傾向は信濃町を除いて減少傾向を示し、45 年間に於いて能生と関山では 50cm 以上、小谷では 20cm 以上、最深積雪深が小さくなっている。

累積降雪量も関山が最大であり、45 年間の平均で 1,091cm である。長期変化傾向ではいずれの地点も減少傾向を示し、図示した 45 年間に於いて能生で約 200cm、関山で約 350cm、小谷と信濃町で約 300cm の減少を示す。

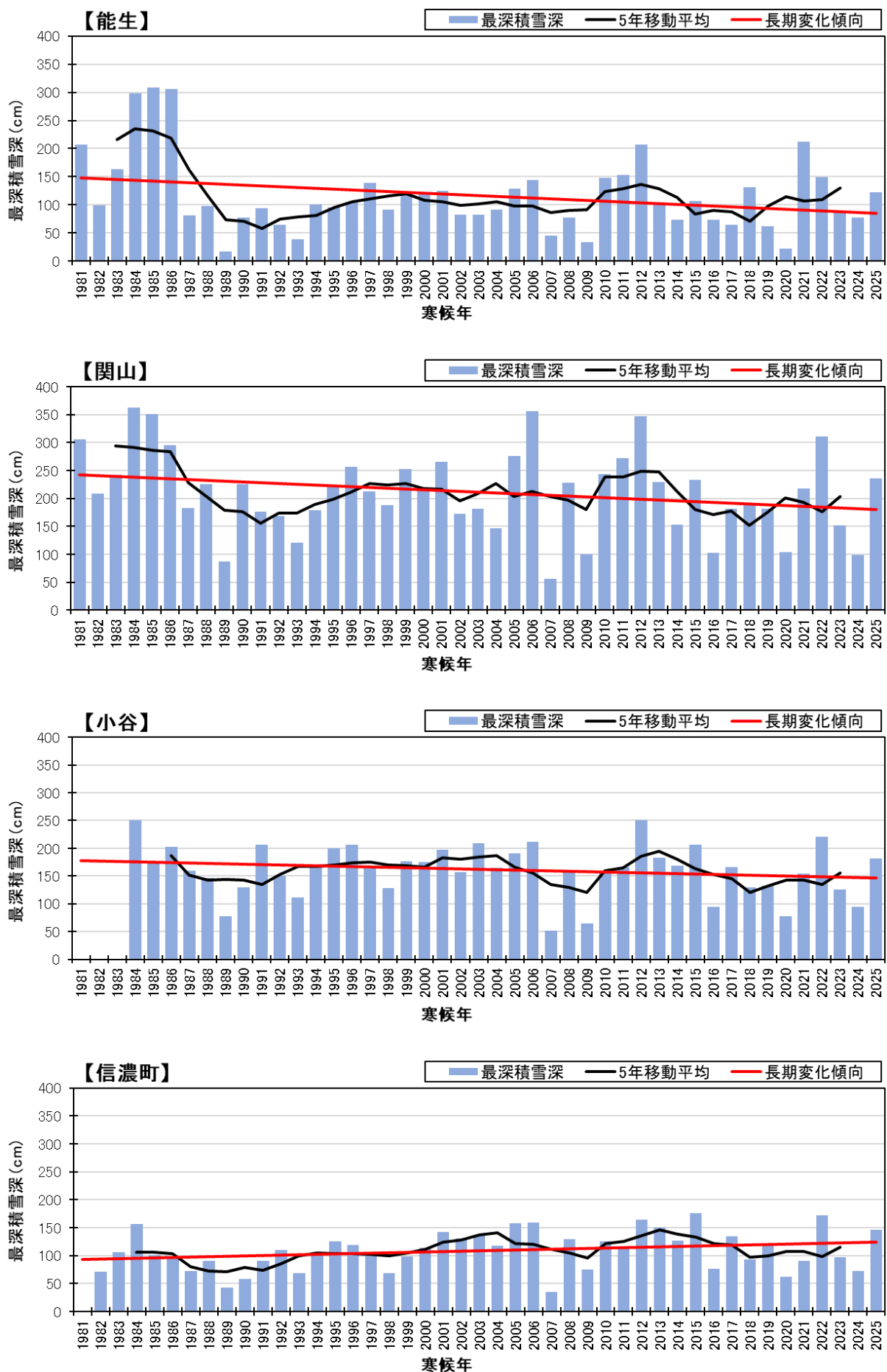


図 2-34 アメダス観測地点における年最深積雪深

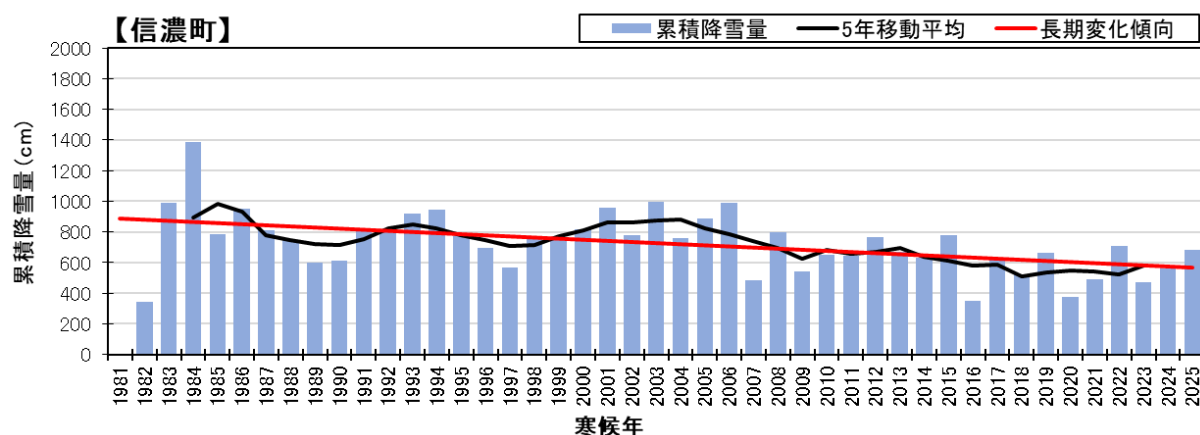
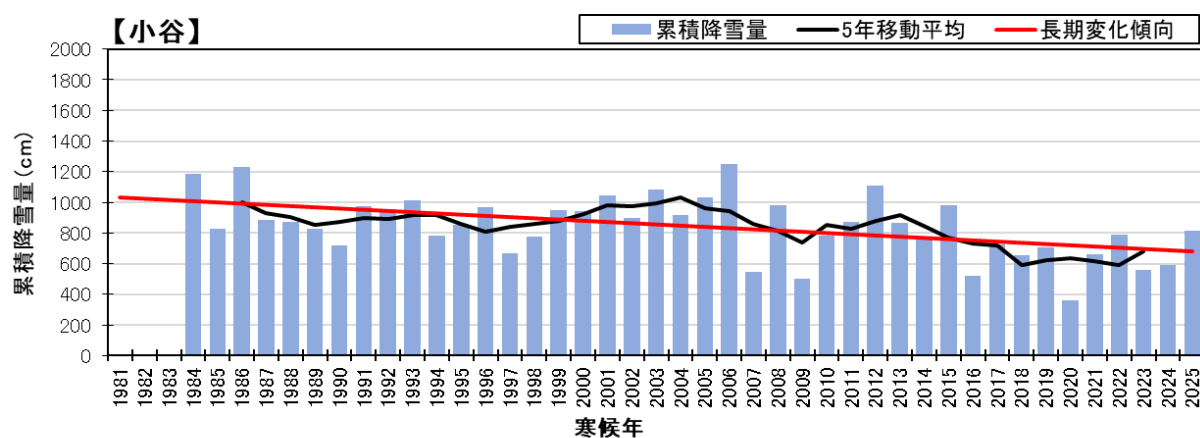
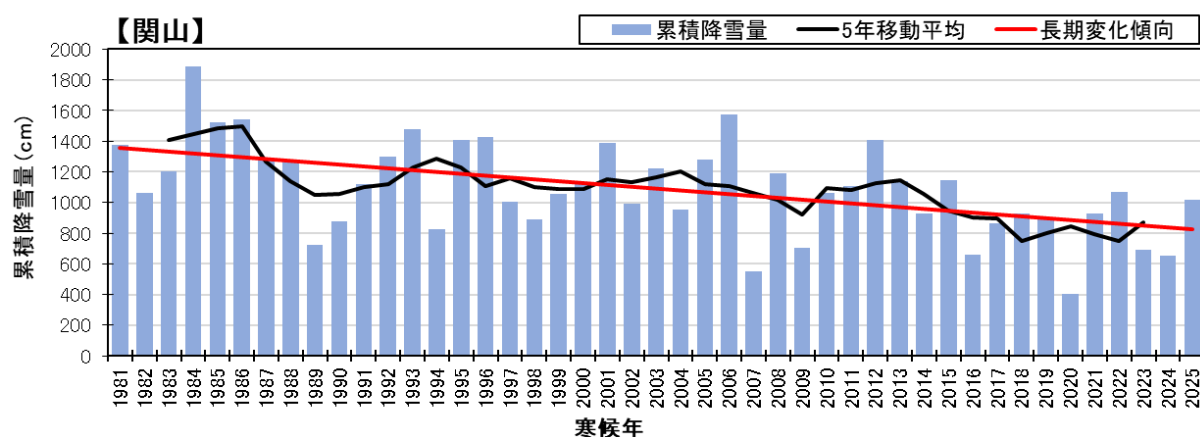
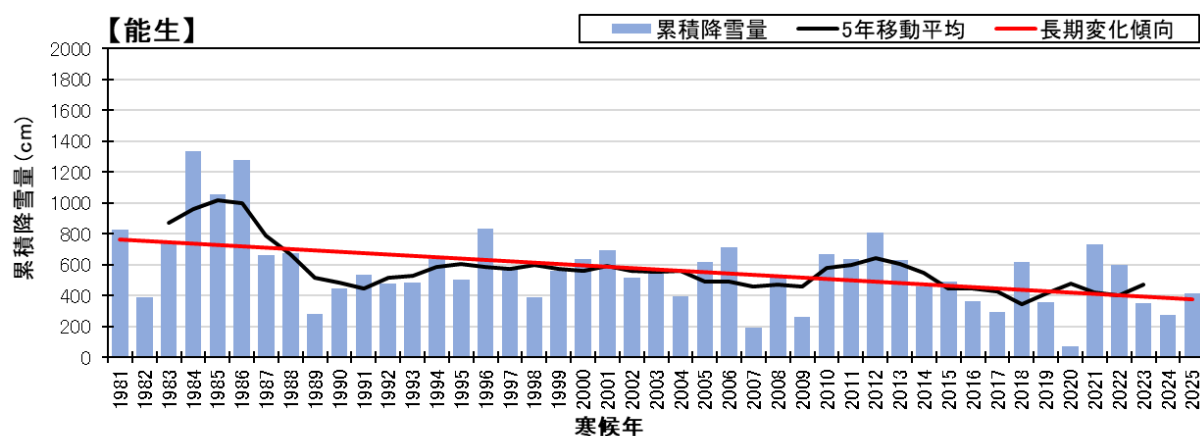


図 2-35 アメダス観測地点における累積降雪量

## ② 笹ヶ峰（防災科研）

前述の既存文献調査においては、積雪が植物に与える最も大きな影響は、残雪による生育期間の短縮であり、山岳湿原においては、積雪深の減少が植生の変化に影響を及ぼすとの知見が得られた。高谷池と天狗の庭における乾燥化や陸地化といった現象に対しても、積雪量の変動が影響している可能性が考えられる。そこで、本業務で収集した積雪データのうち、最も高谷池等の近傍に位置し、積雪の傾向が近いと考えられる笹ヶ峰におけるデータについて、詳細な解析を試みた。

### ○積雪深

笹ヶ峰における 1991 年寒候年から 2025 年寒候年の日最深積雪深の推移を図 2-36 に示す（観測データが一定期間欠測であったため最深積雪深を把握できない期間もある）。前述のとおり、寒行年とは前年 8 月 1 日から当年 7 月 31 日までの期間のことであり、例えば 2009 年寒候年に該当する期間は、図中の横軸に示した日付の 2008/8/1～2009/8/1 の間となる。後述の積雪期間の開始日と終了日（消雪日）や、最深積雪深の記録日はこの日推移のデータから読み取った。

笹ヶ峰における年最深積雪深の推移を図 2-37 に示す。500cm 近くまで雪が積もる年も多く、平均では 382cm となり、先に示したアメダス観測地点の最深積雪深より 170～270cm 程度大きい。標高が 1,310m と高い山岳帯に位置することから、比較的低標高の平地や山麓部に位置するアメダス観測地点よりも大幅に積雪深が大きくなっている。長期変化傾向は減少傾向を示しており、図示した 35 年間に於いて 50cm 程度、最深積雪深が小さくなっている。

次に、年最深積雪深の平年値との差分である平年差を図 2-38 に示す。平年値は、気象庁が示す定義に倣って「西暦年の 1 の位が 1 の年から続く 30 年間の平均値」を用い、ここでは 1991 年寒候年から 2020 年寒候年の 30 年間の平均値を用いた。2006 年寒候年あたりまでは平年値を上回る年が多かったが、2007 年寒候年以降は平年値を下回る年が増えている。平年差が -100～-150cm となる年も多く、最深積雪深が平年値を大幅に下回る、極端に雪の少ない年が増えている。

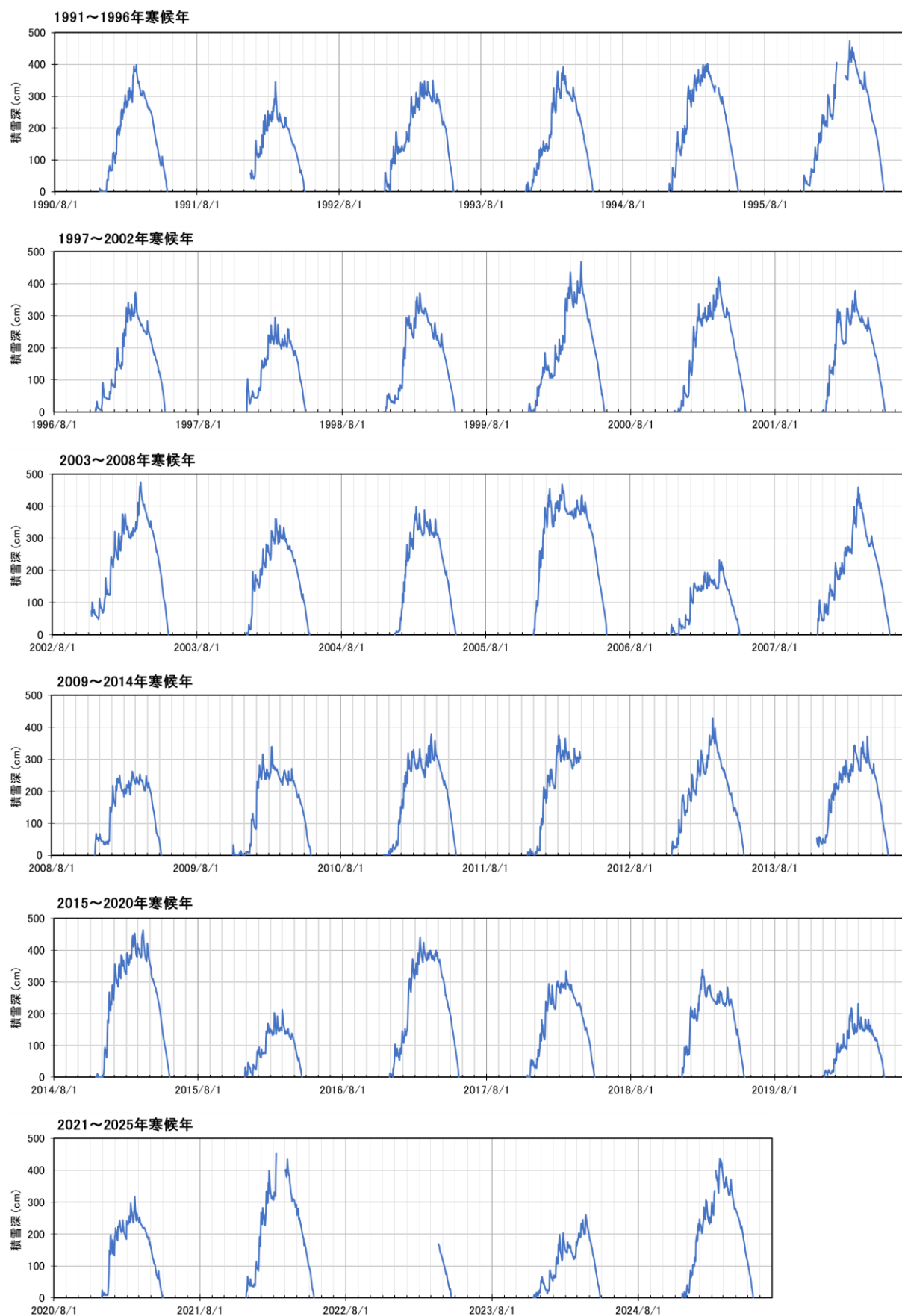


図 2-36 笹ヶ峰における日最深積雪深

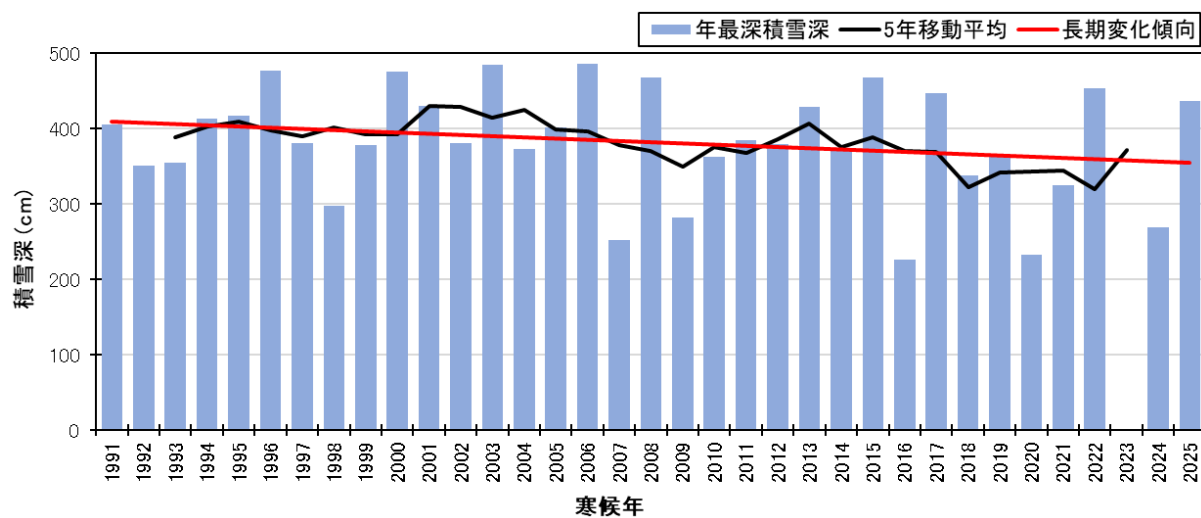


図 2-37 笹ヶ峰における年最深積雪深

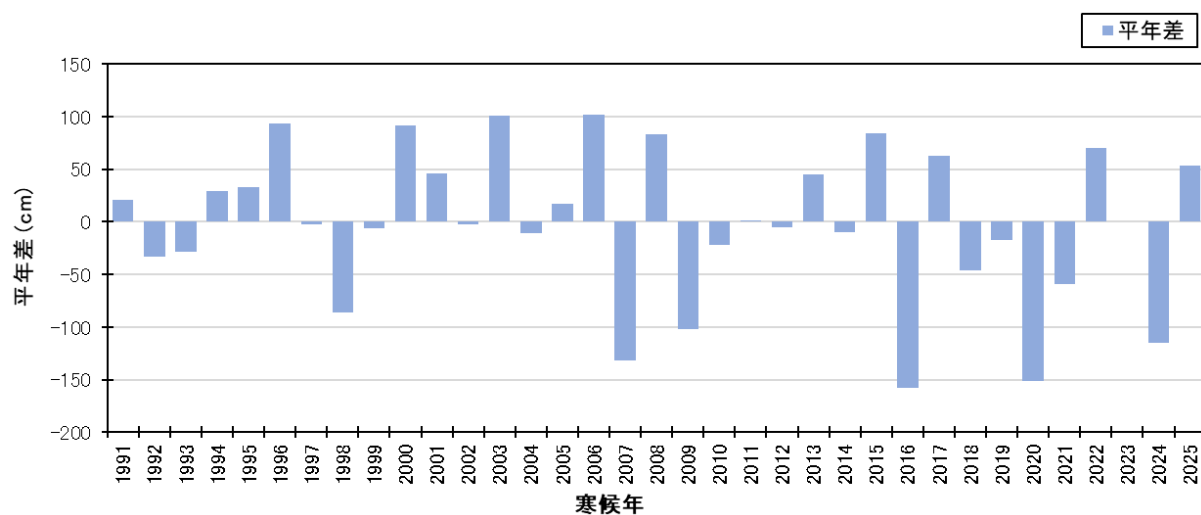


図 2-38 笹ヶ峰における年最深積雪深の平年差

## ○積雪期間

日最深積雪深のグラフから読み取った、笹ヶ峰における積雪期間と最深積雪深の記録日を表 2-19、図 2-39 に示す。積雪期間の開始日は根雪になった日とし、積雪期間の終了日（消雪日）は融雪が進み、積雪深が 0cm になった日とする。1991 年から 2025 年の寒候年における積雪期間の開始日は、11 月 6 日～12 月 15 日の間であり、平均は 11 月 26 日である。積雪期間の終了日は、4 月 20 日～6 月 2 日の間であり、平均は 5 月 13 日である。積雪開始日から積雪終了日までの日数である積雪期間は、142～205 日間であり、平均は 168 日間である。また、最深積雪深の記録日は、1 月 29 日～3 月 20 日の間であり、平均は 2 月 24 日である。これらは年による変動やばらつきが大きいものの、近年は積雪期間が平均値（168 日間）よりも短い年が多く、また、4 月中に積雪期間が終了してしまう年が度々みられるようになっている。

詳細を把握するため、これらの経年的な推移を別途グラフ化し、積雪期間の開始日及び終了日、最深積雪深の記録日を図 2-40 に示す。各項目の長期変化傾向をみると、積雪期間の開始日と最深積雪深の記録日については明確な傾向はみられない。積雪期間の終了日については、年毎の変動が大きいものの、徐々に早期化している傾向がみられ、図示した 35 年間において、2 週間程度消雪日が早まっている。2015 年頃までは、1998 年の 4 月 30 日と欠測の 2012 年を除き、消雪日はおおむね 5 月中であり、6 月まで残雪がある年もみられる。しかし、2016 年以降は消雪日が 4 月中に早まる年がみられるようになった。

また、積雪期間の日数の推移を図 2-41 に示す。積雪期間の日数は年による変動が大きい、1996 年と 2003 年が特に多い。2018 年から 2021 年までは 150 日～160 日程度で推移して少ない傾向がみられ、近年では 180 日を超える年がみられなくなっている。以上の結果より、積雪期間は短縮し、消雪日が早まっている可能性が示唆された。

表 2-19 笹ヶ峰における積雪期間と最深積雪深の記録日

| 寒候年   | 積雪期間        |            |      | 最深積雪       | 年最深積雪深<br>(cm) |
|-------|-------------|------------|------|------------|----------------|
|       | 開始日         | 終了日(消雪日)   | 日数   | 記録日        |                |
| 1991年 | 1990年12月7日  | 1991年5月17日 | 161日 | 1991年2月25日 | 405            |
| 1992年 | 1991年12月15日 | 1992年5月5日  | 142日 | 1992年2月19日 | 351            |
| 1993年 | 1992年11月27日 | 1993年5月23日 | 177日 | 1993年3月8日  | 355            |
| 1994年 | 1993年11月24日 | 1994年5月16日 | 173日 | 1994年2月27日 | 413            |
| 1995年 | 1994年11月28日 | 1995年5月25日 | 178日 | 1995年3月6日  | 417            |
| 1996年 | 1995年11月10日 | 1996年6月2日  | 205日 | 1996年3月5日  | 477            |
| 1997年 | 1996年11月14日 | 1997年5月10日 | 177日 | 1997年2月22日 | 381            |
| 1998年 | 1997年12月3日  | 1998年4月30日 | 148日 | 1998年2月10日 | 298            |
| 1999年 | 1998年11月19日 | 1999年5月13日 | 175日 | 1999年2月13日 | 378            |
| 2000年 | 1999年11月29日 | 2000年5月26日 | 179日 | 2000年3月26日 | 475            |
| 2001年 | 2000年11月29日 | 2001年5月18日 | 170日 | 2001年3月11日 | 430            |
| 2002年 | 2001年12月7日  | 2002年5月6日  | 150日 | 2002年2月19日 | 381            |
| 2003年 | 2002年11月6日  | 2003年5月21日 | 196日 | 2003年3月11日 | 485            |
| 2004年 | 2003年12月8日  | 2004年5月12日 | 156日 | 2004年2月16日 | 373            |
| 2005年 | 2004年12月14日 | 2005年5月17日 | 154日 | 2005年2月5日  | 401            |
| 2006年 | 2005年11月30日 | 2006年6月2日  | 184日 | 2006年2月9日  | 486            |
| 2007年 | 2006年11月12日 | 2007年5月5日  | 174日 | 2007年3月13日 | 252            |
| 2008年 | 2007年11月19日 | 2008年5月18日 | 181日 | 2008年2月28日 | 467            |
| 2009年 | 2008年11月19日 | 2009年5月6日  | 168日 | 2009年2月21日 | 282            |
| 2010年 | 2009年12月5日  | 2010年5月18日 | 164日 | 2010年2月7日  | 362            |
| 2011年 | 2010年12月4日  | 2011年5月20日 | 167日 | 2011年3月18日 | 385            |
| 2012年 | 2011年12月5日  | -          | -    | 2012年2月2日  | 379            |
| 2013年 | 2012年11月15日 | 2013年5月15日 | 181日 | 2013年2月24日 | 429            |
| 2014年 | 2013年11月13日 | 2014年5月15日 | 183日 | 2014年3月21日 | 374            |
| 2015年 | 2014年12月3日  | 2015年5月21日 | 169日 | 2015年2月20日 | 468            |
| 2016年 | 2015年11月28日 | 2016年4月20日 | 144日 | 2016年3月1日  | 226            |
| 2017年 | 2016年11月29日 | 2017年5月22日 | 174日 | 2017年2月12日 | 447            |
| 2018年 | 2017年11月19日 | 2018年5月1日  | 163日 | 2018年2月18日 | 338            |
| 2019年 | 2018年12月10日 | 2019年5月17日 | 158日 | 2019年1月29日 | 366            |
| 2020年 | 2019年12月4日  | 2020年5月4日  | 152日 | 2020年2月11日 | 232            |
| 2021年 | 2020年11月29日 | 2021年4月30日 | 152日 | 2021年2月19日 | 325            |
| 2022年 | 2021年11月25日 | 2022年5月13日 | 169日 | 2022年2月7日  | 454            |
| 2023年 | -           | 2023年4月22日 | -    | -          | 欠測             |
| 2024年 | 2023年11月18日 | 2024年4月28日 | 162日 | 2024年3月21日 | 269            |
| 2025年 | 2024年11月19日 | 2025年5月15日 | 177日 | 2025年2月24日 | 437            |

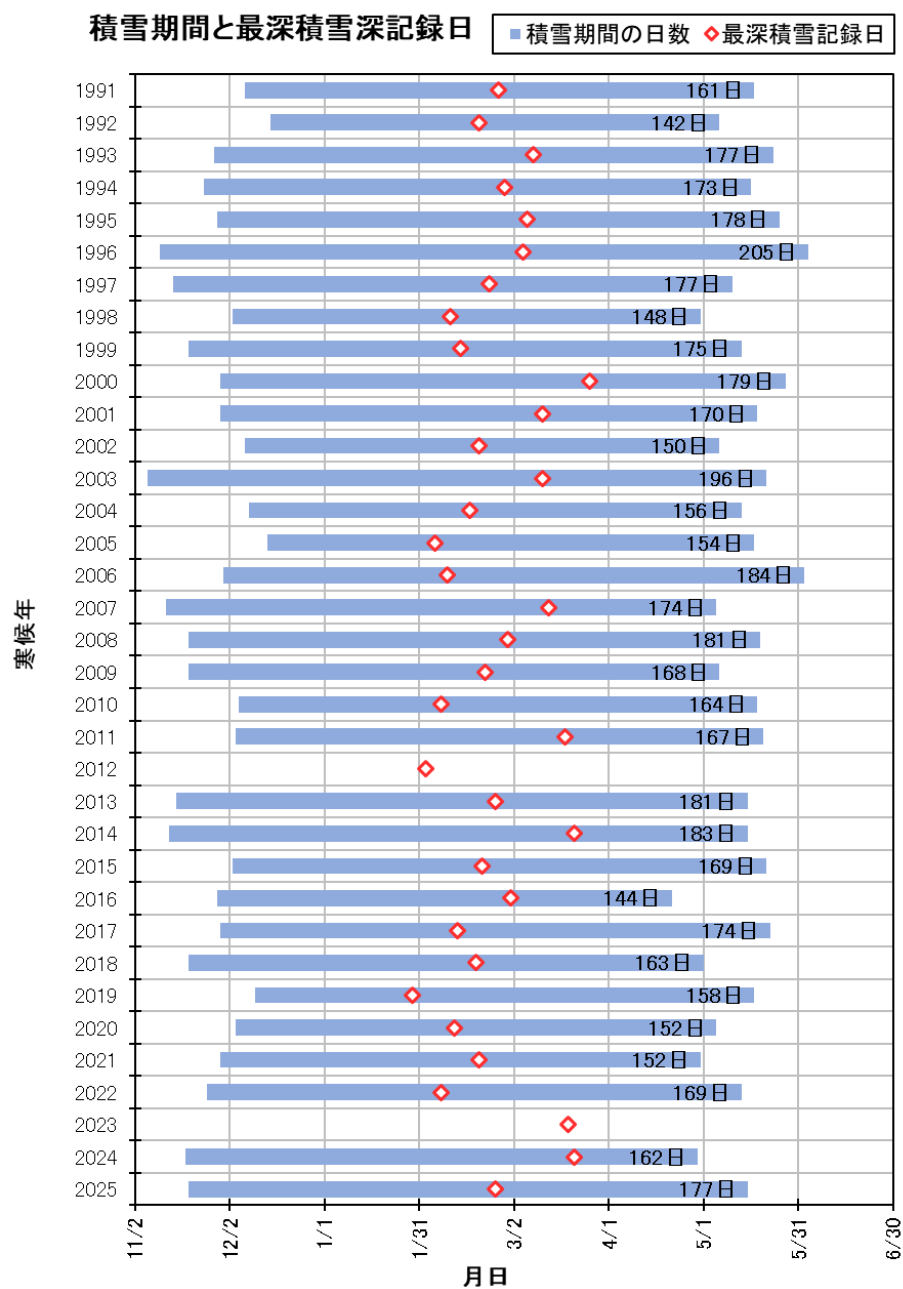


図 2-39 笹ヶ峰における積雪期間と最深積雪深の記録日

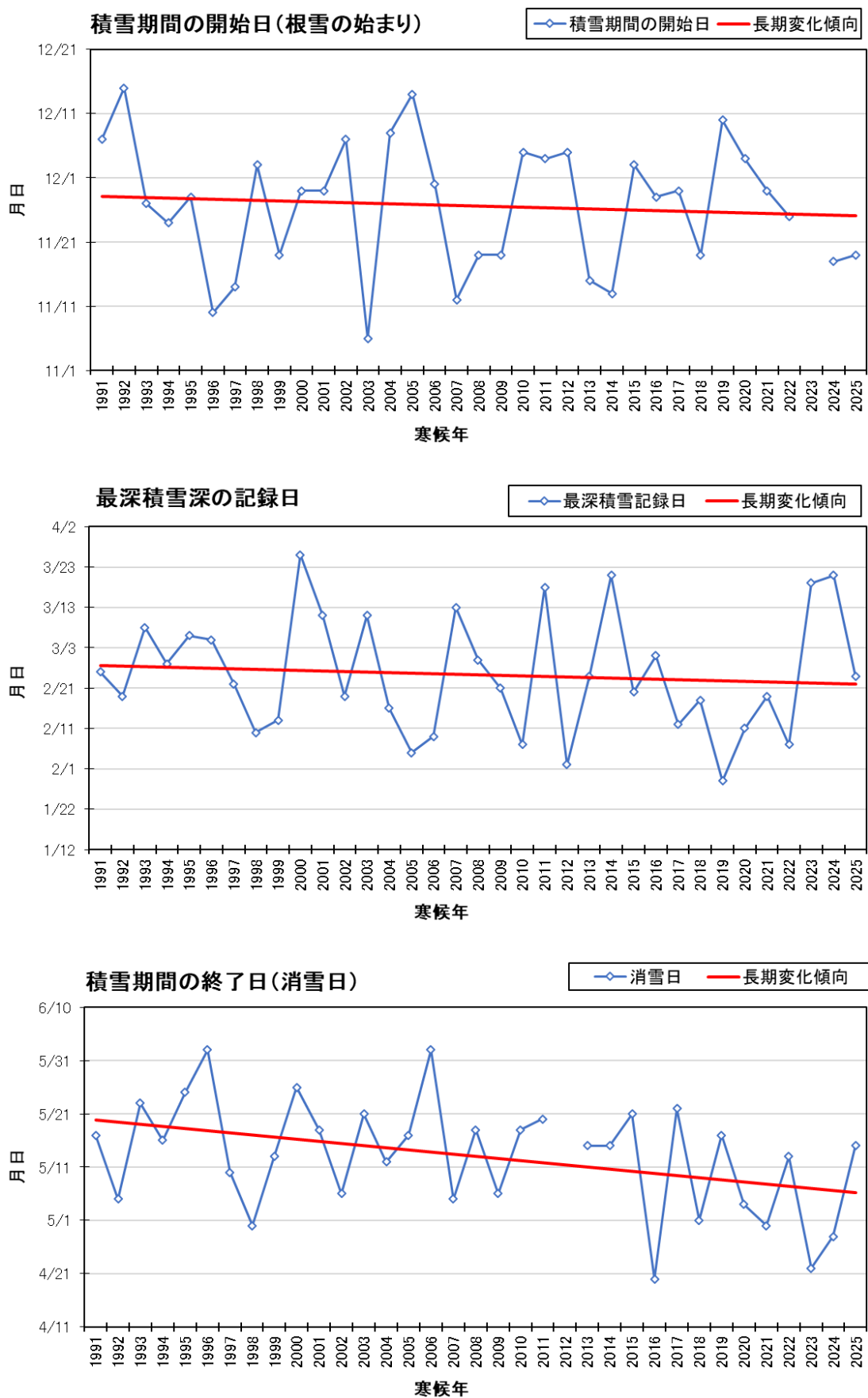


図 2-40 積雪状況の記録日

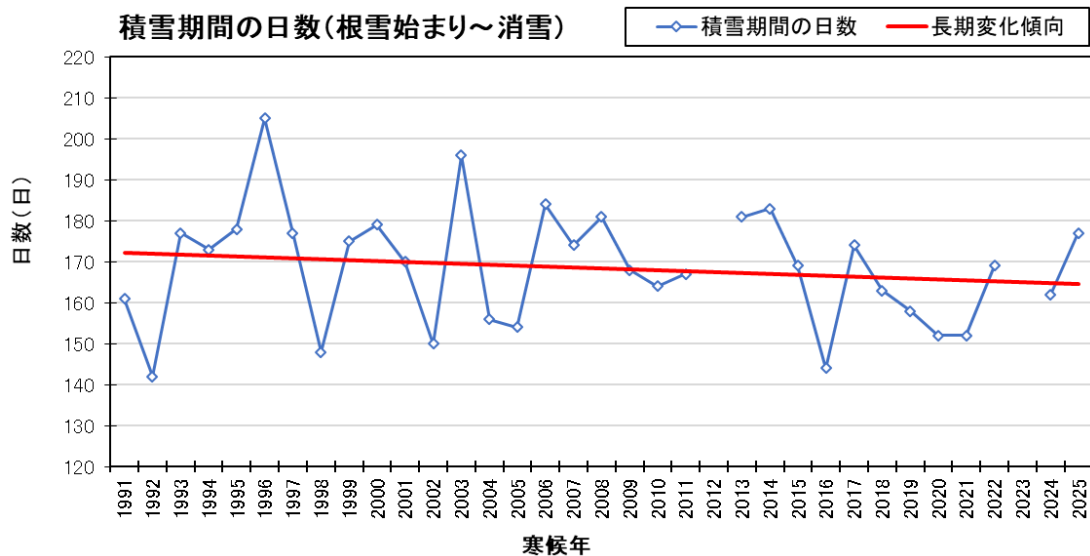


図 2-41 積雪期間の日数

### ○積雪深・消雪に影響する要因

既存文献調査において、『年最大積雪深の減少によって消雪時期が早まり、その要因は冬季の季節風の気温の上昇または、上空の寒気の温度上昇である』との知見が得られていることから、笹ヶ峰における最深積雪深と積雪期間の終了日及び気温との関係を検討した。

笹ヶ峰における最深積雪深と積雪期間の終了日との関係を図 2-42 に示す。最深積雪深が大きいほど消雪の時期が遅くなる傾向が明瞭であり、既存文献の知見と一致する。

次に、気温が最深積雪深と積雪期間の終了日に及ぼす影響を検討するため、積雪期（12-4月）、積雪増加期（12-2月）、融雪期（3-4月）それぞれの平均気温とこの2項目との相関関係を解析した。最深積雪深と最も相関が高かったのは、積雪増加期（12-2月）の平均気温であり、積雪増加期（12-2月）の平均気温が高くなると最深積雪深が小さくなる傾向がみられた（図 2-43）。積雪が増加する時期は概ね2月下旬から3月上旬までであり、最深積雪深の記録日の平均が2月24日であることから、2月末頃までの平均気温が最深積雪深に影響が大きいことがうかがえる。積雪期間の終了日（消雪日）と最も相関が高かったのは、積雪期（12-4月）の平均気温であった（図 2-44）。積雪期のうち積雪増加期の高温傾向は降雪・積雪を少なくすることに加え、融雪期の高温傾向は雪解けを早めるためと考えられる。

以上のように、高谷池・天狗の庭の近傍に位置する笹ヶ峰における積雪深及び気温データの解析により、最深積雪深の減少に伴って消雪日が早期化していることが分かり、その要因として気温上昇の影響が考えられた。これは既存文献の知見と合致するものであり、消雪日の早まりが植生変化に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

ただし、山岳地域の気象の変化に関する文献において、『気温が0℃以上にならないければ降雪は降雨に変化しないため、山岳地域では必ずしも降積雪量が減少するとは限ら

ず、温暖化によって大気中の水蒸気量が増加し、極端な大雪となる場合がある』との考察もなされている。防災科研による笹ヶ峰の観測地点の標高が 1,310m であるのに対し、高谷池・天狗の庭は標高 2,100m 程度に位置し、約 800m の標高差がある。一般に気温は高度の上昇に伴い約 0.6℃/100m の割合で低下する（気温遞減率）とされることから、高谷池等においては笹ヶ峰よりも 4～5℃程度は気温が低くなり、降雪の傾向が異なる可能性も考えられる。また、地形によっても風の影響等により積雪の分布は一様ではないことから、現地における積雪観測等の実施による実態把握が必要と考えられる。

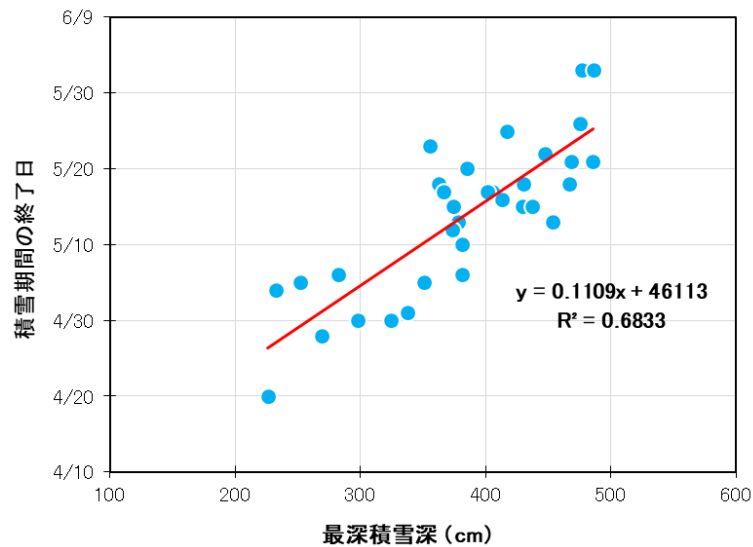


図 2-42 笹ヶ峰における最深積雪深と積雪期間の終了日(消雪日)との関係

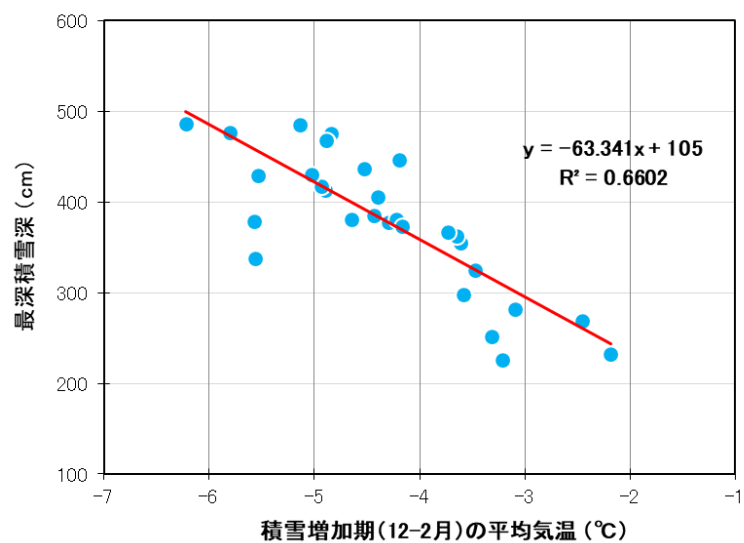


図 2-43 笹ヶ峰における積雪増加期(12-2月)の平均気温と最深積雪深との関係

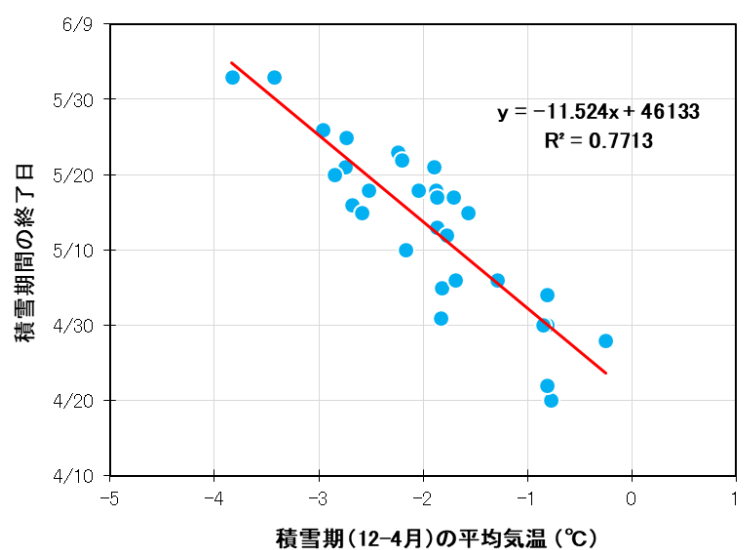


図 2-44 笹ヶ峰における積雪期(12-4月)の平均気温と積雪期間の終了日(消雪日)との関係

## エ) 風向・風速

### ① アメダス

#### ○風速

アメダス観測地点における月別の平均風速、最大風速、最大瞬間風速について、1981年から2025年の期間で平均したものを図 2-45 に示す（最大瞬間風速は2009年以降に記録開始）。関山と信濃町は月ごとの風速の推移傾向が類似しており、1月～4月にかけて強まり、4～5月に最も強い。6月から徐々に弱まり、7月以降は横ばいの傾向にある。能生は、12月～1月が最も強く、2月～6月にかけて徐々に弱まる。9月まで横ばいだが、10月以降再び強まる傾向がある。

#### ○風向

風向の解析として風配図を作成した。風配図とは方位別の風の出現頻度を百分率で表したもので、観測地点の一定期間における卓越風向を示すものである。ここではあくまで傾向把握のため、2021～2025年の1時間毎のデータを用いた。なお、風向の集計に用いるデータは同時に観測された風速が0.2m/sより大きいものとし、0.2m/s以下のデータは静穏（calm）として別途集計して図内に数値のみを示した。

アメダス観測地点における月別の風配図を、図 2-46～図 2-48 に示す。いずれの観測地点においても、風向に季節的な傾向は認められず、特定の対角線上の両側から風が吹く傾向がある。これは観測地点が位置する谷筋等の大地形に風向が制限を受けやすいことに起因すると推測される。なお、能生においては12～2月の冬季に西北西の風の割合が高くなっており、これは冬季における季節風の卓越を表している（図 2-46）。

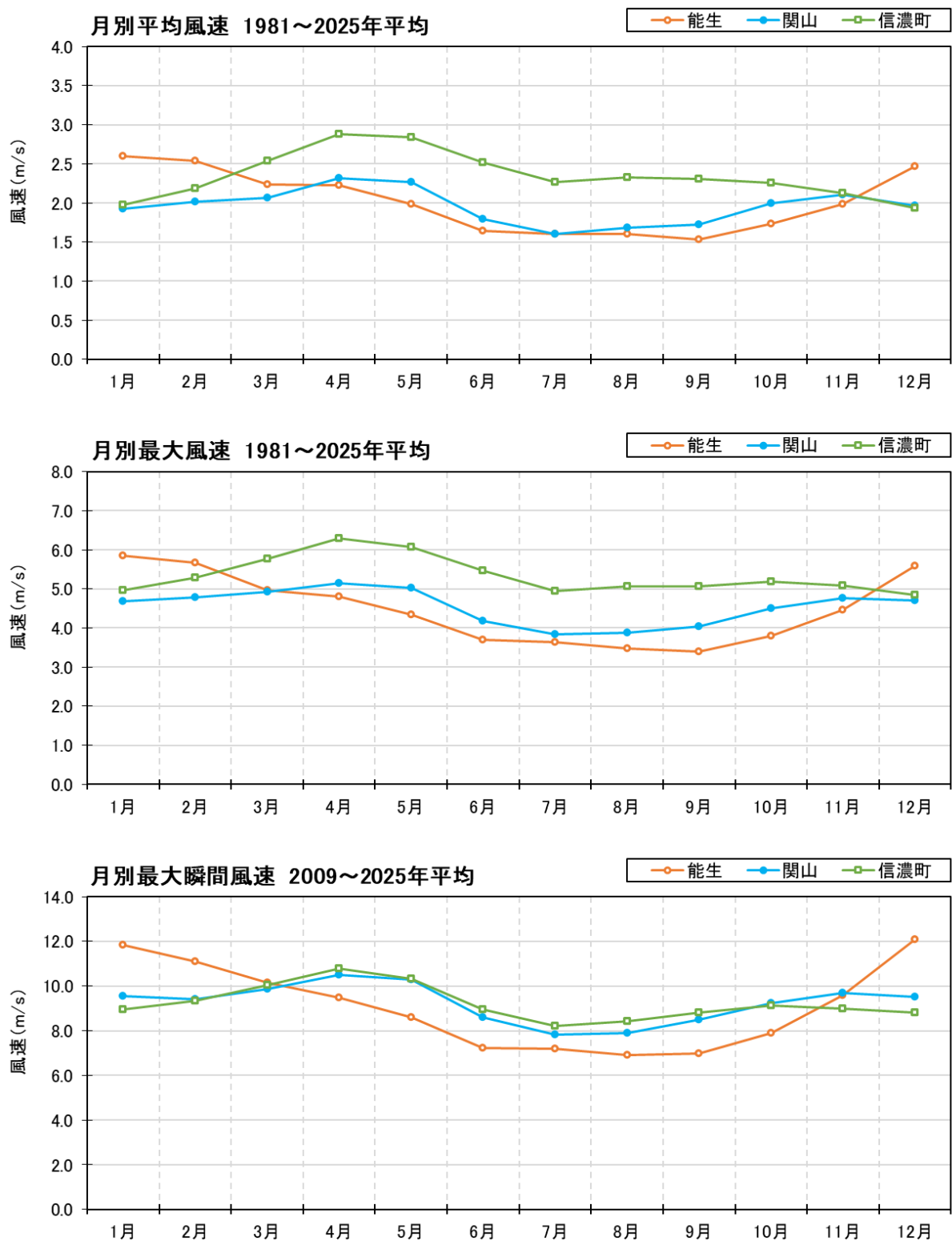


図 2-45 アメダス観測地点における月別の風速

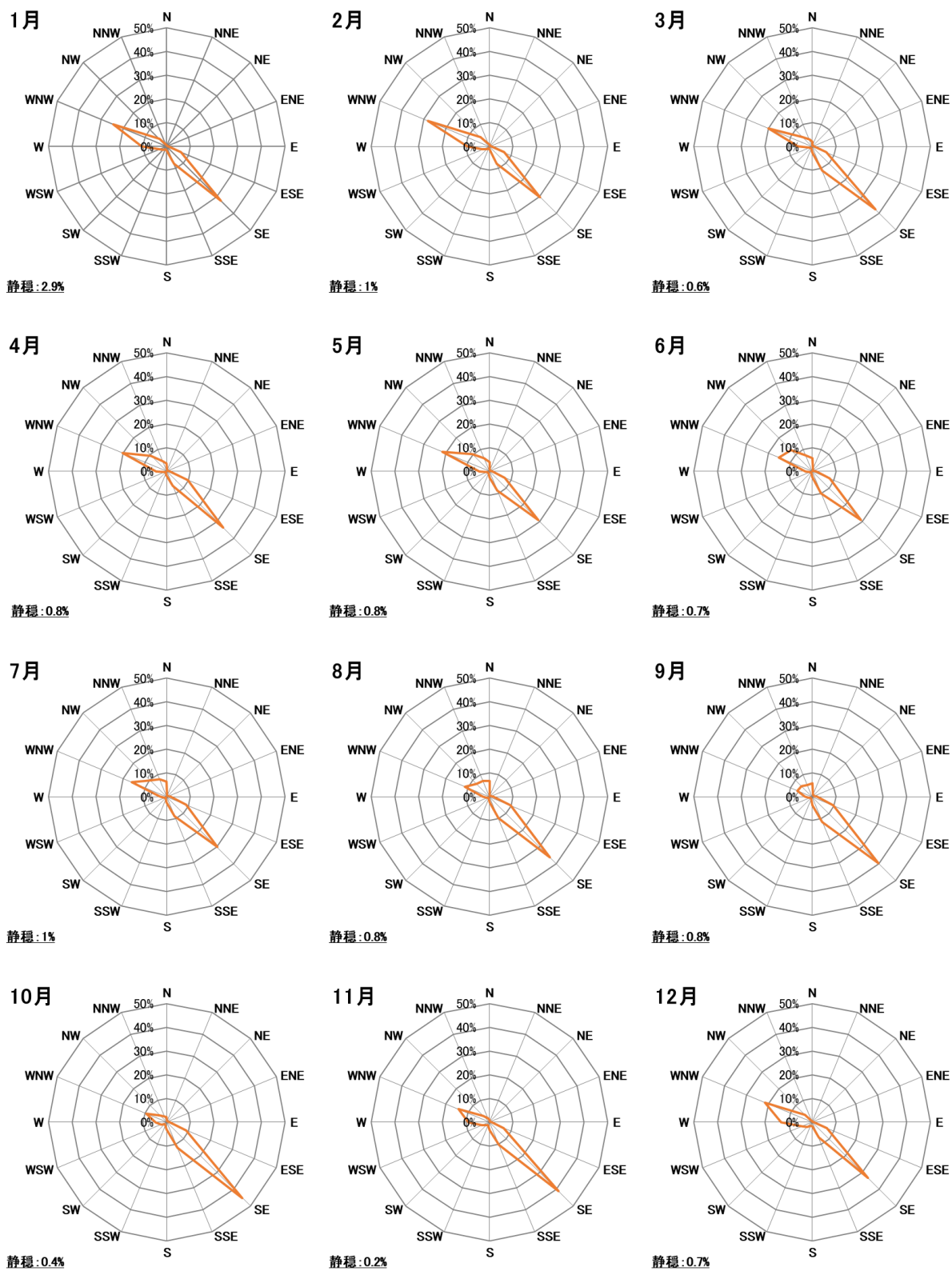


図 2-46 アメダス能生における月別の風配図

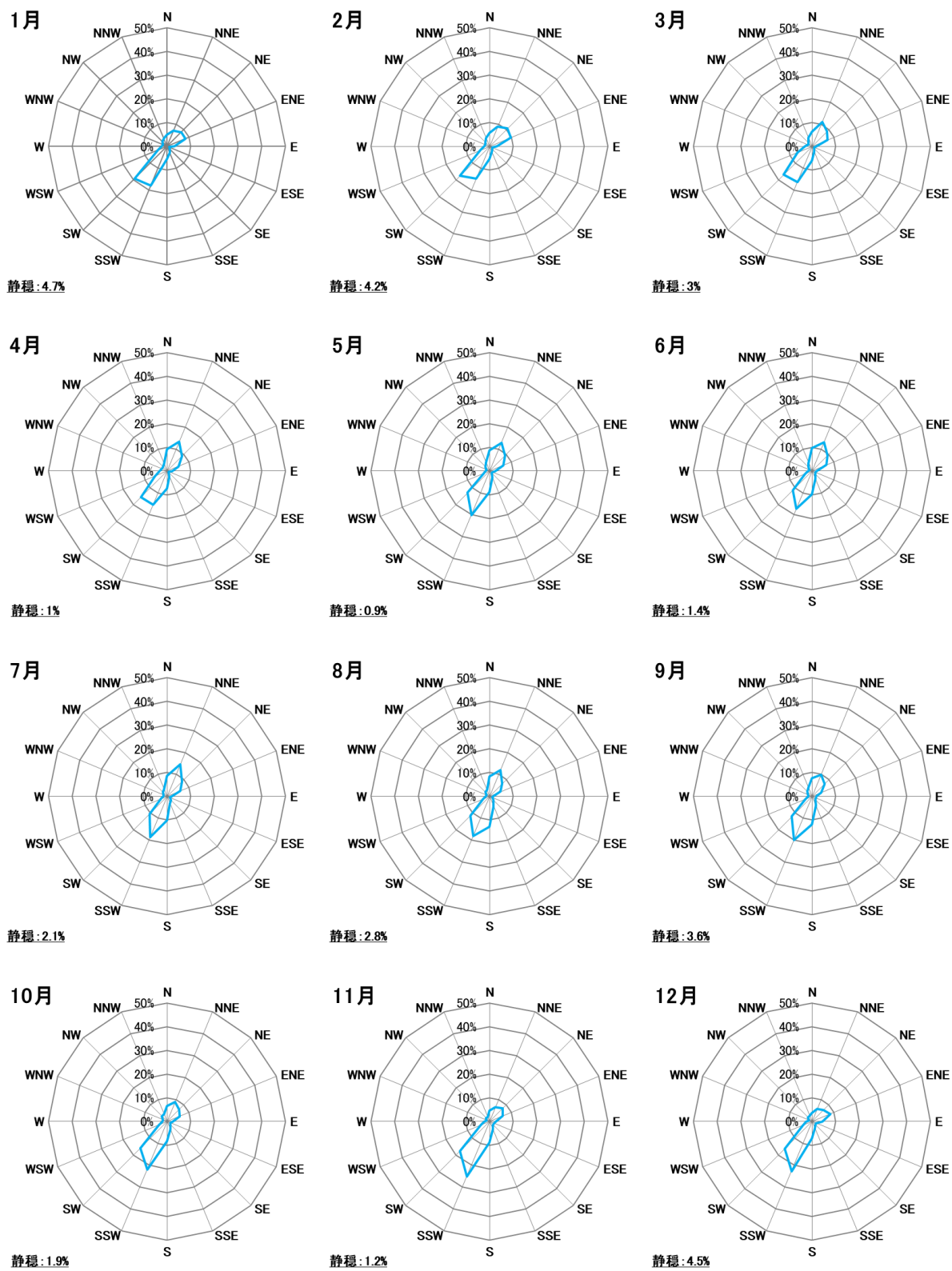


図 2-47 アメダス関山における月別の風配図

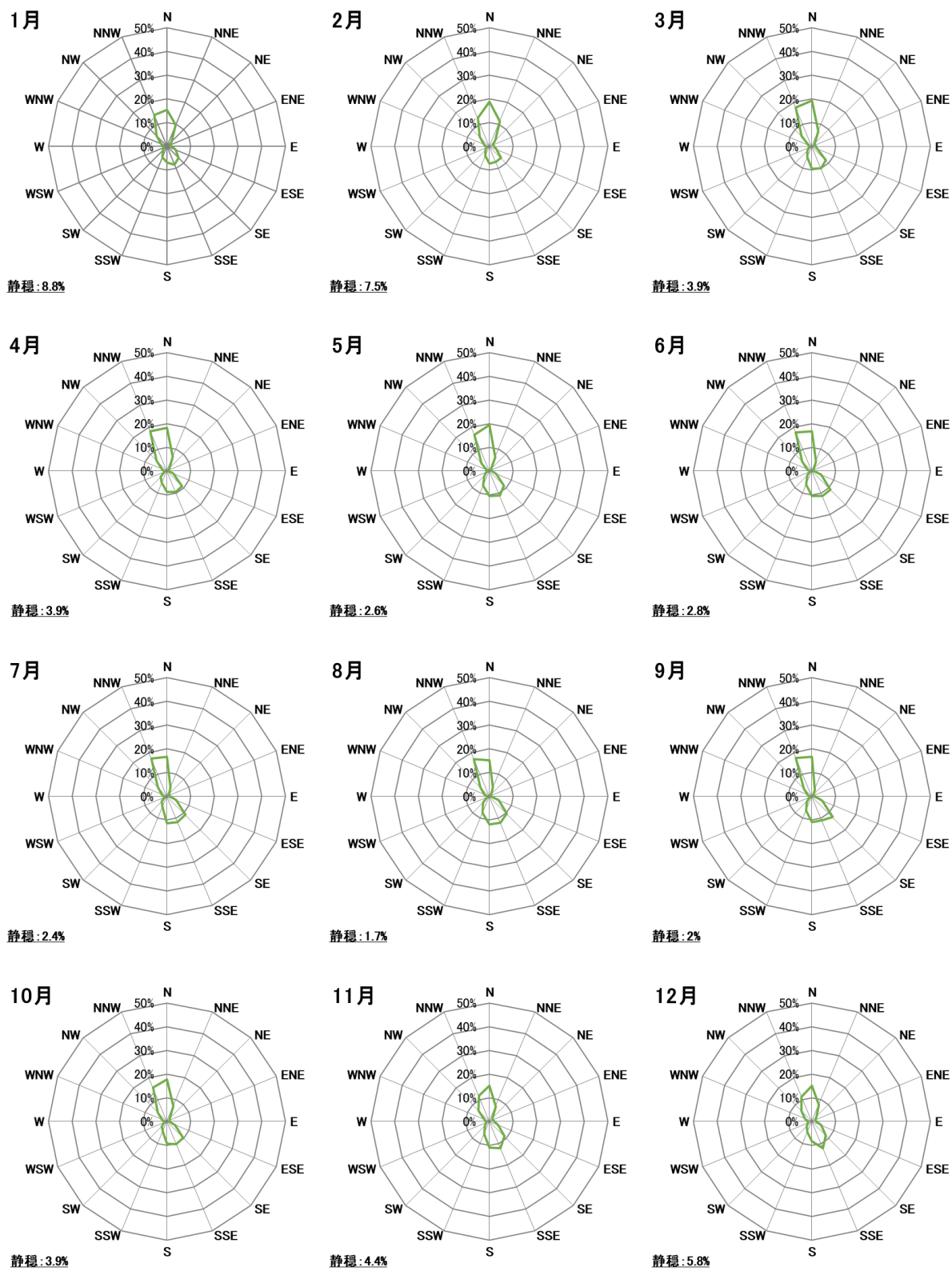


図 2-48 アメダス信濃町における月別の風配図

## ② 笹ヶ峰ダム

### ○風速

笹ヶ峰ダムにおける 1984 年から 2025 年までの、午前 9 時観測の風速の月別平均を図 2-49 に示す。アメダス観測地点の能生における月別平均風速の推移に近い傾向を示し、12 月～1 月に最も風速が強く、2 月以降は徐々に弱まり、10 月以降に再び強まる傾向を示している。

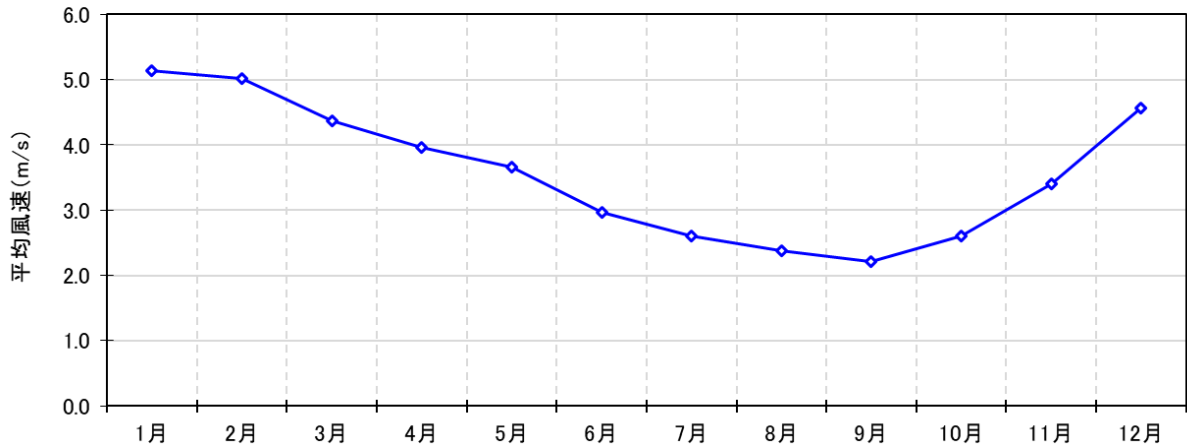


図 2-49 笹ヶ峰ダムにおける午前9時観測の風速の月別平均

### ○風向

笹ヶ峰ダムにおける午前 9 時観測の風向データによる月別の風配図を図 2-50 に示す。アメダス観測地点と同様に特定の対角線上が主要な風向となっており、北北西～西北西と東南東～南南東の風向が卓越し、これも大地形の影響と推測される。季節的な傾向がよく表れており、6～9 月の初夏～晩夏にかけては南東の風の割合が高いが、10 月から北西の風の割合が高くなり、11 月以降は 4 月頃まで北西の風が卓越する。この晩秋から春にかけての風向の卓越は風速が強い時期と一致しており、冬季を中心に北西の強い季節風が吹くためと考えられる。

ただし、笹ヶ峰ダムの風向・風速データは午前 9 時のもののみであるため、実際の傾向とは異なる可能性がある。

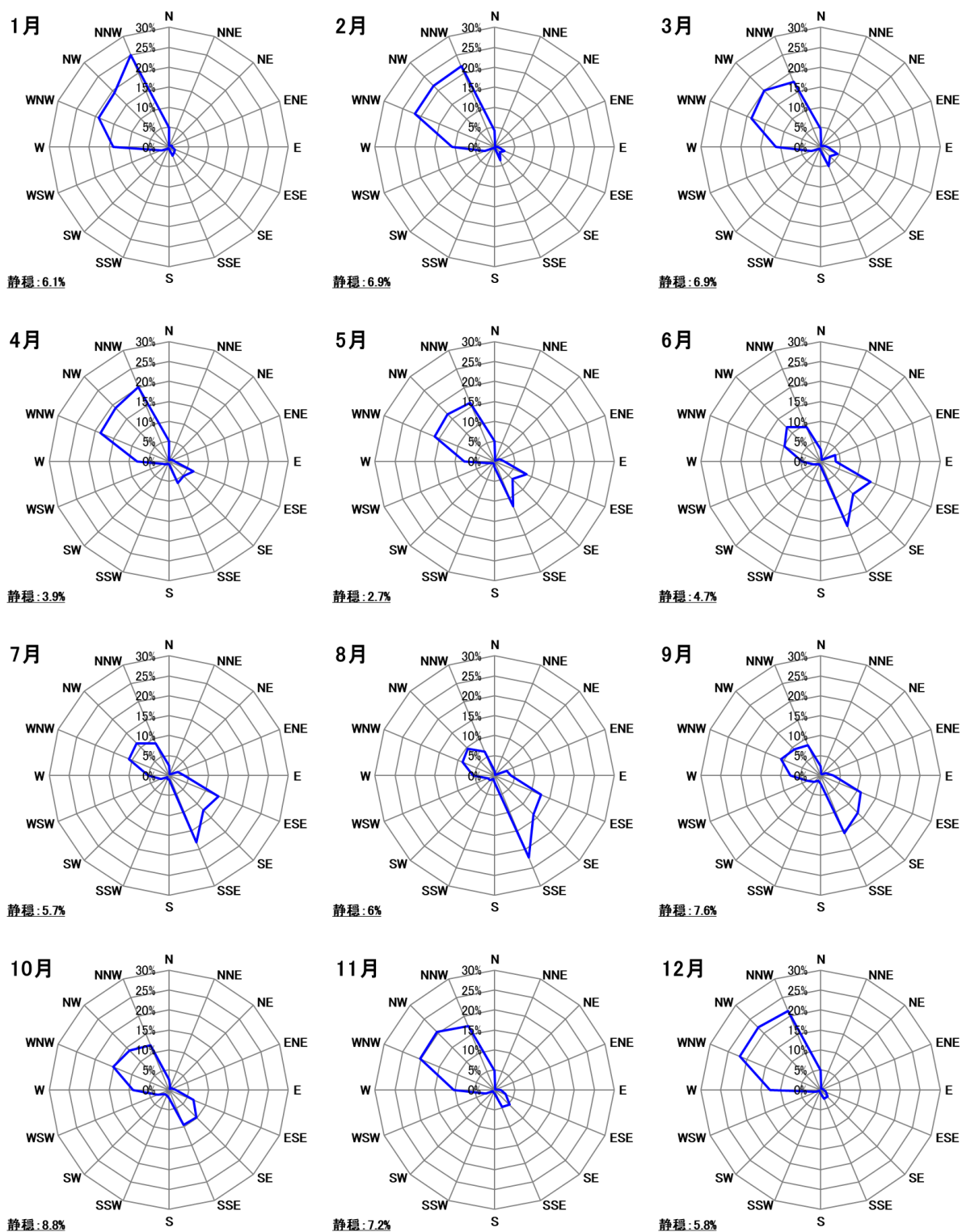


図 2-50 笹ヶ峰ダムにおける月別の風配図(午前9時)

### (3) その他の情報（高谷池周辺）

#### ア) 環境省ライブカメラ

環境省の WEB サイト「インターネット自然研究所」では全国の国立公園等に設置されたライブカメラの画像が公開されている<sup>4</sup>。そこでは「高谷池と火打山」として、高谷池ヒュッテに設置されたライブカメラにより、高谷池湿原越しの火打山が撮影されていた。本業務の実施時点では既にカメラは撤去されており撮影は行われていないが、2009 年 10 月 29 日～2019 年 4 月 1 日の期間に撮影された画像を現在も確認できる（毎日 6～19 時の間に 1 時間毎に撮影）。

このライブカメラの画像により、植物の芽吹きや紅葉といったフェノロジー（生物季節）や、積雪の状況を確認することも可能と考えられる。ここでは、高谷池付近の過去の積雪の状態を把握するため、ライブカメラ画像を利用することを試みた。

#### ① 年毎の残雪の差異

年毎の積雪状況の比較の一例として、残雪状況の差異を把握するため、毎年の特定の月日における画像を抽出した。抽出した月日は、融雪が進み高谷池湿原が露出し始める 6 月 30 日とし、霧がかかるなどして状況が不明な場合は、その前後の日の画像から高谷池湿原及び火打山方面の状況が分かる日のものを抽出した。

抽出結果を写真 2-4 に示す。ほぼ同時期であっても、2016 年は高谷池湿原周辺には残雪が全くなく、火打山や影火打の凹地にみられるのみであり、2017 年には高谷池湿原の全面を残雪が覆うなど、年毎に残雪量が大きく異なることが把握できる。

ただし、融雪が早く進む箇所と残雪が遅くまである箇所は、年に関わらず同様であるように見える。高谷池ヒュッテ付近（画像手前側）や高谷池湿原の奥の斜面に位置するオオシラビソ林では消雪が早く、次いで高谷池湿原の池塘が分布する範囲で早い。一方、高谷池湿原の画像左側や、湿原奥の斜面のうち画像右側の範囲では遅くまで残雪がある（写真 2-5）。

このようにライブカメラの画像から、残雪の状況及び消雪の時期を把握できるとともに、地形や植生等の立地によって融雪の進行も一様ではないことが認められた。高谷池・天狗の庭周辺の乾燥化や陸地化といった植生の変化に対しては、こうした立地環境による積雪深の多寡やそれに伴う消雪時期の差異が影響する可能性も考えられる。

---

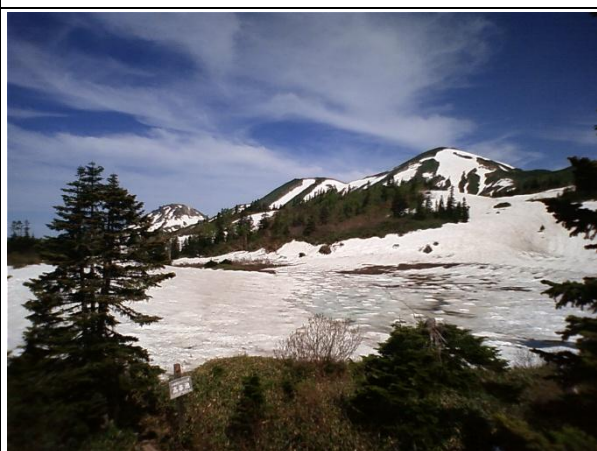
<sup>4</sup> 環境省, インターネット自然研究所. <https://www.sizenken.biodic.go.jp/> (2026 年 2 月 27 日確認)



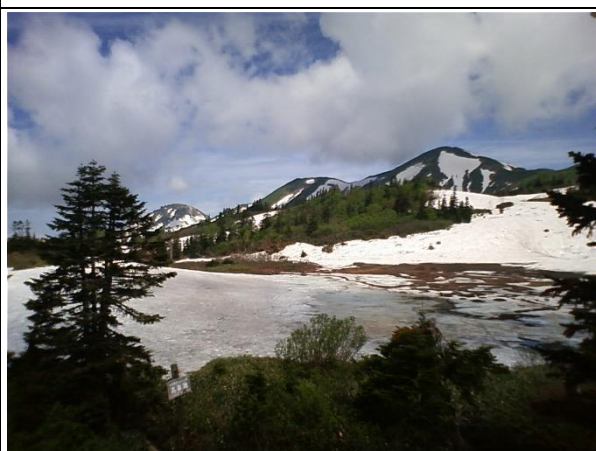
2010 年 6 月 30 日 (8 時)



2011 年 6 月 30 日 (9 時)



2012 年 6 月 30 日 (9 時)



2013 年 6 月 28 日 (9 時)



2014 年 6 月 30 日 (9 時)

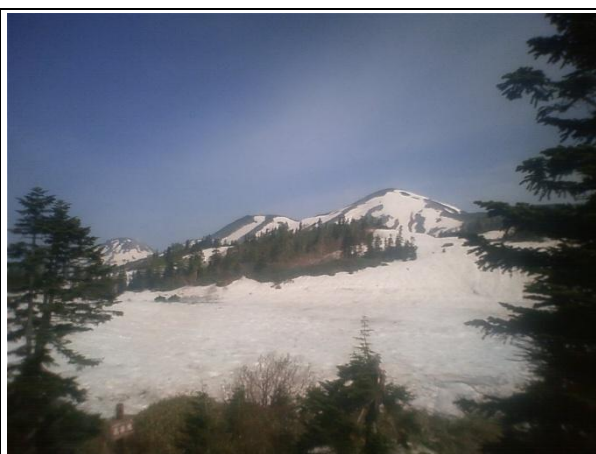


2015 年 6 月 30 日 (9 時)

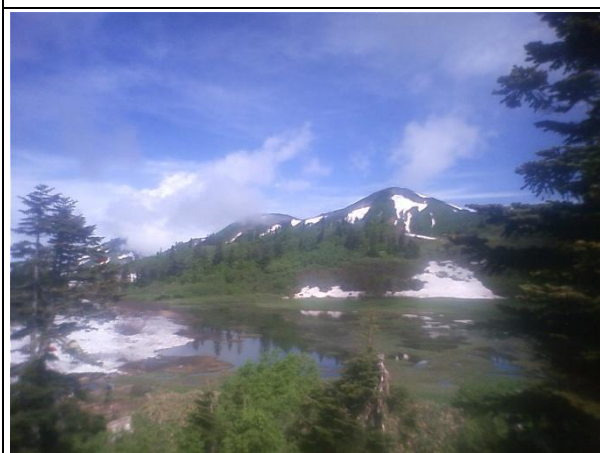
写真 2-4 (1) 環境省ライブカメラによる毎年6月30日前後の状況(2010-2015年)



2016 年 7 月 1 日 (8 時)



2017 年 6 月 29 日 (8 時)



2018 年 7 月 1 日 (9 時)

写真 2-4 (2) 環境省ライブカメラによる毎年6月30日前後の状況(2016-2018年)

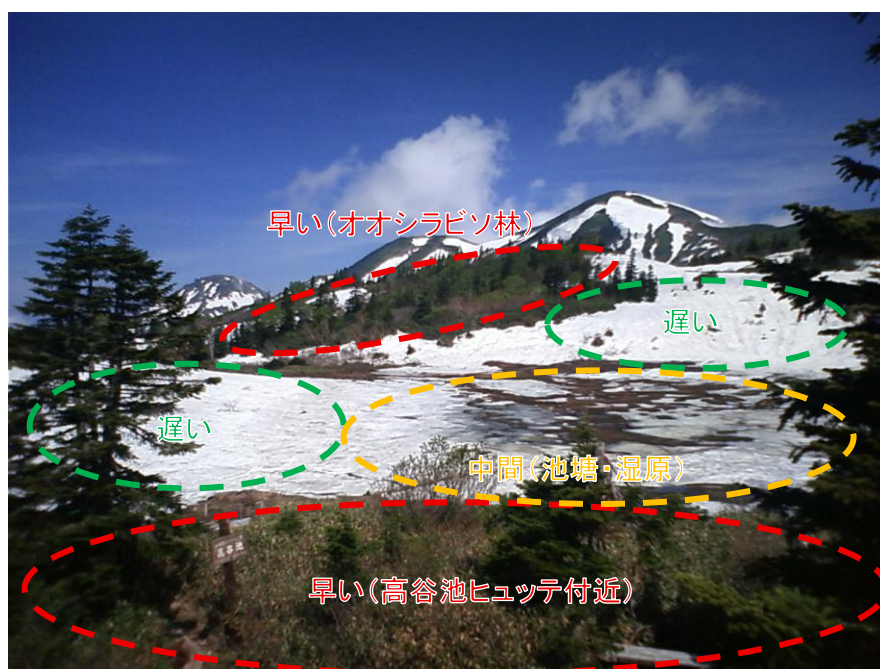


写真 2-5 高谷池湿原の消雪時期の傾向(2014年6月26日)

## ② 高谷池湿原における消雪日

ライブカメラの画像から高谷池湿原における消雪日を把握することを試みた。湿原は広面積であり全体が一様に消雪とはならないため、ここでは便宜的に、湿原の平坦面と火打山側の斜面末端との境界まで雪が完全になくなった日を消雪日として判定した（写真 2-6）。

消雪日の判定結果を笹ヶ峰における結果と併せて表 2-20、図 2-51 に示す。笹ヶ峰における消雪日は 4 月中旬～5 月下旬であったのに対し、高谷池湿原では 7 月上旬～中旬であった。その日数差は 46～63 日となり、高谷池湿原では笹ヶ峰よりも 2 ヶ月近く消雪が遅いことが分かった。



写真 2-6 高谷池湿原の消雪日の判定例(2010年7月8日)

表 2-20 高谷池湿原における消雪日と笹ヶ峰との日数差

| 寒候年   | 消雪日        |            | 消雪日の<br>日数差 |
|-------|------------|------------|-------------|
|       | 笹ヶ峰        | 高谷池湿原      |             |
| 2010年 | 2010年5月18日 | 2010年7月8日  | 51日         |
| 2011年 | 2011年5月20日 | 2011年7月5日  | 46日         |
| 2012年 | 欠測         | 2012年7月17日 | －           |
| 2013年 | 2013年5月15日 | 2013年7月14日 | 60日         |
| 2014年 | 2014年5月15日 | 2014年7月9日  | 55日         |
| 2015年 | 2015年5月21日 | 2015年7月16日 | 56日         |
| 2016年 | 2016年4月20日 | 欠測         | －           |
| 2017年 | 2017年5月22日 | 2017年7月14日 | 53日         |
| 2018年 | 2018年5月1日  | 2018年7月3日  | 63日         |

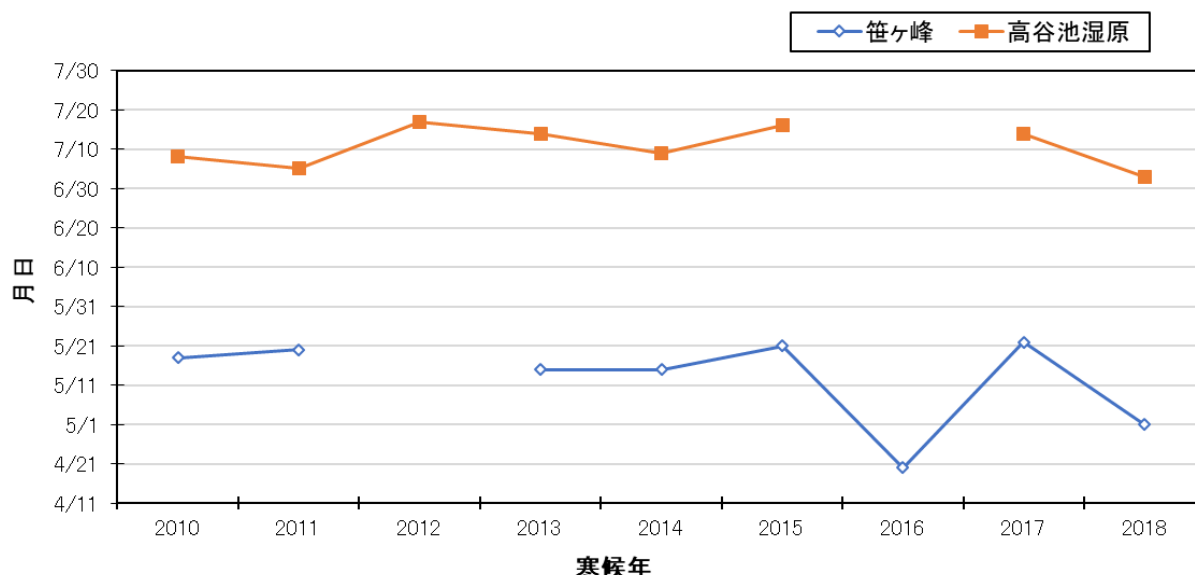


図 2-51 高谷池湿原と笹ヶ峰における消雪日

## イ) 高谷池ヒュッテにおける渇水対策

妙高市では、令和 3 年度（2021 年）に「高谷池ヒュッテ渇水対策周辺調査業務委託」を実施しており、その目的は、『標高約 2,100m に位置する高谷池ヒュッテの水源は、近接する高谷池から取水して利用している。しかし、近年では、少雪や降雨不足により渇水状態になることも増えてきており、ヒュッテやトイレをはじめとする水利用に関して利用者への影響が懸念される。本業務では、渇水対策に関する基礎調査を行うとともに、高谷池ヒュッテ及び周辺施設で、安定的に水利用ができる方法について調査検討を行い、今後の整備に関する資料とすることを目的とする。』とされている。

高谷池ヒュッテの水利用が、高谷池湿原の環境に影響を与えている可能性もあることから、ここでは当該業務の報告書（以下、R3 渇水報告書）から高谷池周辺における水利用に関する記述を整理した。

### ① 高谷池ヒュッテの施設の経歴

- ・平成 27 年（2015 年）：増築
- ・令和元年（2019 年）：トイレ改修及び浄化槽設置（水洗トイレ）
- ・令和 5 年（2023 年）：雨水利用のための改修工事（貯水槽 500L、集水設備等）

### ② 取水状況

- ・ヒュッテ用の取水とキャンプ場用の取水をそれぞれ隣接する別の池塘から行っており（写真 2-7）、ヒュッテ用の池塘にはポンプを設置し、キャンプ場用の池塘にはポンプではなくパイプを設置して導水している。
- ・管理人の印象では、2018 年～2019 年から池塘の水が少なくなっており、湿地の草花がかなり減ってきていると感じている。
- ・ヒュッテ用に取水している池塘は通年水があり、水不足になったことはない。

- ・キャンプ場用に取水している池塘は 10 日間雨が降らないと水が無くなってしまう（現状は水場の導水を垂れ流しにしている）。

### ③ 水利用状況

- ・4 月の第 3 週に小屋開きをするが、その時にはヒュッテに汲み上げる取水用ポンプが積雪の下になっているので機能せず、配管も凍っていて使えない。雪を掘って仮設小型ポンプを池塘に設置して 6 月中旬まで汲み上げている。6 月中旬以降は取水用ポンプに切り替える。
- ・以前はヒュッテで宿泊者 70 人の利用時に 1 日 500L で足りていたが、トイレが水洗になったことで 1 日 3000L 以上使ってしまう。ヒュッテは 2021 年時点ではコロナの影響で 40 人泊だが、80 人から 90 人泊はできる。トイレはヒュッテ利用者の他キャンプ場利用者も使う。

### ④ 排水状況

- ・水洗トイレに改修した際に接触ろ床方式の 25 人槽浄化槽を 2 台設置（男子トイレ用 1 台、女子トイレ用 1 台の計 2 台）し、トイレの汚水と手洗いの雑排水を処理し、敷地外へ放流している。

### ⑤ その他

- ・高谷池ヒュッテには妙高市が設置した雨量計があるが、簡易なものである。
- ・新潟ライチョウ研究会が 2023 年 8 月に自前で雨量計を設置している。



写真 2-7 高谷池ヒュッテ及びキャンプ場用に取水している池塘(出典:R3溺水報告書)

#### (4) まとめと課題

気象に関する資料調査の結果と、そこから考えられた今後の環境調査計画の策定における課題を表 2-21 にまとめた。

表 2-21 気象に関する資料調査の結果と課題

| 項目    | 資料調査の結果と課題 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 気温    | 結果         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ アメダス観測地点(標高 55～685m)における年平均気温は、1981～2025 年までの 45 年間に、約 1～2℃上昇している。</li> <li>・ 笹ヶ峰(標高 1,310m)における積雪期(12-4 月)の平均気温は、1991～2025 年寒候年までの 35 年間に、約 1.5℃上昇している。</li> <li>・ 高谷池ヒュッテ(標高 2,105m)における 2017～2024 年までの年平均気温は、上昇傾向である。</li> </ul>                                                                                                                                      |
|       | 課題         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高谷池・天狗の庭近傍での気温データは近年のデータがあるのみで、長期的な変動傾向は把握できていないことから、今後継続的に観測を行う必要がある。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 降水量   | 結果         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ アメダス観測地点における年降水量は、沿岸部で多く内陸部で少ない傾向がある。</li> <li>・ 1981～2025 年までの 45 年間に、明確な増減傾向は認められない。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|       | 課題         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今回解析に使用できたデータは、アメダス観測地点のものだけであり、高谷池・天狗の庭近傍でのデータは得られていないことから、今後新たに継続的な観測を行う必要がある。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 積雪深   | 結果         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ アメダス観測地点における年最深積雪深は、1981～2025 年までの 45 年間に、約 20～50cm 小さくなっている。同様に、累積降雪量は約 200～350cm 減少している。</li> <li>・ 笹ヶ峰における最深積雪深は、1991～2025 年寒候年までの 35 年間に、約 50cm 小さくなっている。また、近年は平年値を大幅に下回る、極端に雪の少ない年が増えている。</li> <li>・ 笹ヶ峰における最深積雪深は減少傾向にあり、それに伴い消雪日は 35 年間で 2 週間程度早まっており、その要因として気温上昇の影響が考えられた。</li> <li>・ 高谷池ヒュッテに設置された環境省のライブカメラ画像より、高谷池湿原における消雪日は笹ヶ峰より 2 ヶ月近く遅いことがわかった。</li> </ul> |
|       | 課題         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 山岳湿原においては、積雪深の減少が植生の変化に影響を及ぼす重要な因子とされ、また山岳地域では温暖化により必ずしも降積雪量が減少するとは限らないとの知見もあることから、高谷池・天狗の庭近傍での積雪状況の把握は重要な課題である。これまでデータが得られていないことから、今後新たに継続的な観測を行う必要がある。</li> <li>・ 地形や植生等の分布によって融雪の進行も一様ではなく、高谷池・天狗の庭周辺の乾燥化や陸地化といった植生の変化に対しては、立地環境による積雪の多寡や消雪時期の差異が影響する可能性もあることから、積雪分布の空間的な把握が必要である。</li> </ul>                                                                         |
| 風向・風速 | 結果         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 笹ヶ峰ダムにおける資料より、晩秋から春にかけて風速が強くなり、また風向は北寄りや西寄りの割合が増加し、冬季の季節風の卓越が確認された。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|       | 課題         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高谷池・天狗の庭近傍ではデータが得られていないことから、今後観測を行うことが望ましいが、他の観測項目よりは優先度は低い。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| その他   | 課題         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 湿原の乾燥化や陸地化の評価のためには湿原の水湿状態の把握は不可欠であり、また R3 渇水報告書では池塘の水が減っているとの報告もあることから、地下水位の継続的な観測が必要である。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## 2-5. 問題点の整理

高谷池と天狗の庭において問題とされている陸地化・乾燥化について、植生及び気象に関する資料調査と、既存文献より得られた山岳湿原に関する知見より、現状の問題点が把握された。ただしこれらは過去の資料に基づいた結果であり、最新のデータは植生図が2017年、植生調査が2019年のものである。山岳湿原における植生の変化には消雪時期の早期化が影響するとされており、近年の気温上昇と積雪減少の傾向を考慮すると、高谷池・天狗の庭周辺においても消雪時期が過去より早まり、それに伴いチシマザサの分布拡大等による陸地化・乾燥化がさらに進行し、資料の調査時点よりも湿原の面積減少等の環境変化が顕著となっている可能性も考えられる。

高谷池・天狗の庭の保全対策等の必要性を検討するためにも、次年度以降、現地調査によりこれらの問題点の実態を詳細に把握していく必要がある。確認された問題点と把握すべき事項を表 2-22 に整理した。

表 2-22 高谷池・天狗の庭周辺における問題点と現地調査により把握すべき事項

| 項目 |                | 問題点                                                                                                                        | 把握すべき事項                                                                                                                                       |
|----|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 植生 | 湿原の縮小・ササ等の分布拡大 | <ul style="list-style-type: none"> <li>天狗の庭の湿原面積は32年間で7.8%減少(文献 11)</li> <li>高谷池・天狗の庭においてチシマザサ等の非湿生植物が湿原部分へ拡大</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローン撮影と植生図の作成による湿原面積、非湿生植物の分布拡大状況</li> <li>チシマザサ等の分布拡大箇所における種組成</li> </ul>                             |
|    | 種組成の変化         | <ul style="list-style-type: none"> <li>天狗の庭及び小天狗の庭におけるハクサンコザクラの減少</li> <li>天狗の庭における雪田草原へのイネ科植物の侵入</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>ハクサンコザクラの減少等、植生が変化した箇所における種組成</li> <li>過去の植生調査実施地点における追跡調査による種組成の変化</li> </ul>                         |
|    | フェノロジー         | <ul style="list-style-type: none"> <li>気温上昇、消雪時期の早期化に伴う植物の生育期間の長期化</li> </ul>                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>定点撮影・環境省ライブカメラ画像によるフェノロジー(生物季節:芽吹き、紅葉、落葉等の時期)の変化</li> </ul>                                            |
| 池塘 | 池塘の縮小          | <ul style="list-style-type: none"> <li>高谷池における小面積の池塘の縮小</li> <li>池塘の水の減少</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローン撮影と池塘分布図作成による池塘の面積変化</li> <li>池塘の水位</li> </ul>                                                     |
| 気象 | 積雪深の減少         | <ul style="list-style-type: none"> <li>気温上昇に伴う積雪深の減少と消雪日の早期化が植生変化に影響</li> <li>立地環境による積雪の多寡や消雪時期の差異が植生変化に影響する可能性</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>積雪深の推移、最深積雪深、消雪日</li> <li>積雪深の空間的分布</li> <li>雪田草原と関係の深い残雪の分布</li> <li>環境省ライブカメラ画像による過去の積雪状況</li> </ul> |
|    | 現地の情報不足        | <ul style="list-style-type: none"> <li>高谷池・天狗の庭周辺における気象データが不足</li> </ul>                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>高谷池・天狗の庭周辺での気象観測</li> <li>気温、降水量</li> <li>高谷池・天狗の庭の地下水位</li> </ul>                                     |
| 景観 | 景観の変化          | <ul style="list-style-type: none"> <li>湿原や池塘の縮小等に伴い、火打山を代表する景観が変化する可能性</li> </ul>                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>定点における景観撮影(現地調査時、センサーカメラ設置、ドローン撮影等)</li> </ul>                                                         |

### 3. 現地における環境調査の手法検討及び実施計画（案）

#### 3-1. 環境省のモニタリングサイト 1000 における湿原調査

環境省が実施する「モニタリングサイト 1000（重要生態系監視地域モニタリング推進事業）」は、日本全国の代表的な生態系を対象として、長期的・定点的な観測を行い、生物多様性及び生態系の変化を把握することを目的とした事業である。森林、湿原、草原、干潟、湖沼等の多様な生態系を対象に、統一的な手法に基づく継続調査が実施されている。

本業務における調査手法の検討にあたっては、同事業における湿原調査マニュアル<sup>5</sup>の内容を参照することとし、以下にその概要を整理した。

##### (1) 植生調査

###### ア) 目的

- ・各サイトを代表する植物群落の構成種を把握し、サイト毎の生物多様性の変化を長期的に追跡する。
- ・各サイトで顕在化している固有の異変（ササの分布拡大、外来種の侵入と分布拡大、シカの食害等）を監視することも目的の一つである。

###### イ) 実施時期

- ・植生調査は夏季に行う。山岳湿原では7月下旬～8月上旬が最適時期である。
- ・植生調査は原則として3年に一度の頻度で実施する。

###### ウ) 調査方法

- ・ライントランセクト法を用いて植物の量的・質的变化を把握する（ライントランセクト法：調査地内に一定の測線（トランセクト）を設け、その線上または一定幅内に出現する植物種や被度を記録する手法である。本手法は、湿潤度などの環境勾配に対応した植生の連続的变化を把握するのに適している）。
- ・調査場所の選定にあたっては、航空写真、地形図、植生図等の資料を参照し、現地の地形や植物群落の分布状況等を考慮して調査ラインの設定場所を選定する。
- ・ライン上での方形区の設置総数は、湿原の規模や植生の種類数、対象とする群落数によるが、20～30個程度を目安とする。
- ・方形区のサイズは、方形区内の植物種を探しやすく、植物種の見落としが少ない1m×1mを基本とするが、場合によっては2m×2mでも良い。方形区の角には、4箇所又は2箇所に杭を設置する（図 3-1）。
- ・方形区内の調査はモニタリングの継続性を担保するため簡便な方法を採用することとし、各種のブラウン-ブランケの優占度・群度のデータは取得せず、出現種毎の被度（%）、草高（cm）を記録する。

---

<sup>5</sup> 環境省自然環境局生物多様性センター(2016) モニタリングサイト 1000 陸水域調査 湿原調査マニュアル 第5版, 環境省



図 3-1 方形区の設置例(左:グラスファイバーを杭に使用、右:プラスチック杭を使用)

## (2) 物理環境調査

### ア) 目的

- ・ 湿原の成立や植生の変化に深く関わる水文環境の長期変化を把握するため、データロガーを用いて地下水位や地温を連続的に記録する。

### イ) 実施時期

- ・ データロガーは通年設置とする。
- ・ 機器の交換やメンテナンスは雪解け後の春、山開きの直後等の早い時期に行う。

### ウ) 調査方法

- ・ 水位センサーのみを装着した水位管（図 3-2）を地表面まで埋め、大気圧補正用の大気圧センサー（図 3-3）は直射日光等が温度変化に影響を及ぼさないよう遮光した状態で近傍の樹木や小屋等の別の場所に設置する（図 3-4）。
- ・ 地温計は細い硬質ポリ塩化ビニル管に装着した上で、水位管の近傍に管ごと埋設する（図 3-5）。
- ・ 水位計と地温計の設置数は1サイト1個とし通年設置とする。
- ・ 水位及び地温の自動測定の高度は1時間に1回とする。

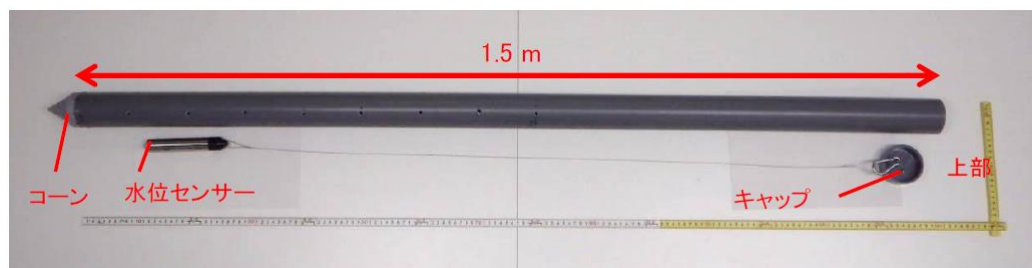


図 3-2 水位センサーを設置するパイプ類の構造

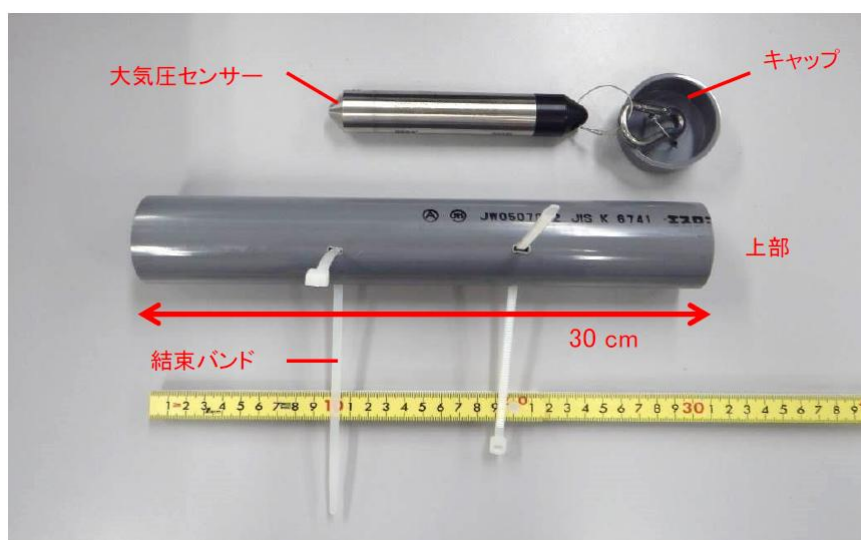


図 3-3 大気圧センサーを設置するパイプ類の構造

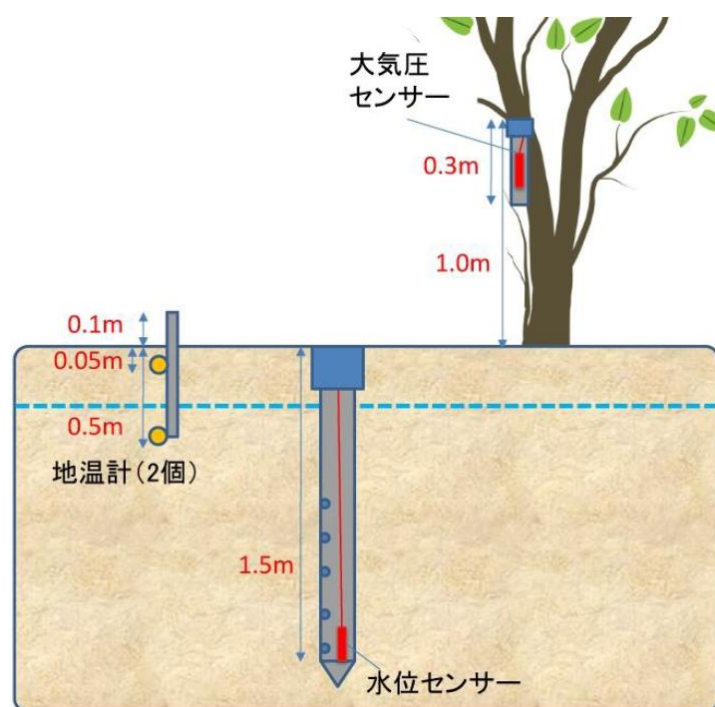


図 3-4 物理環境調査で用いる機器類の設置例

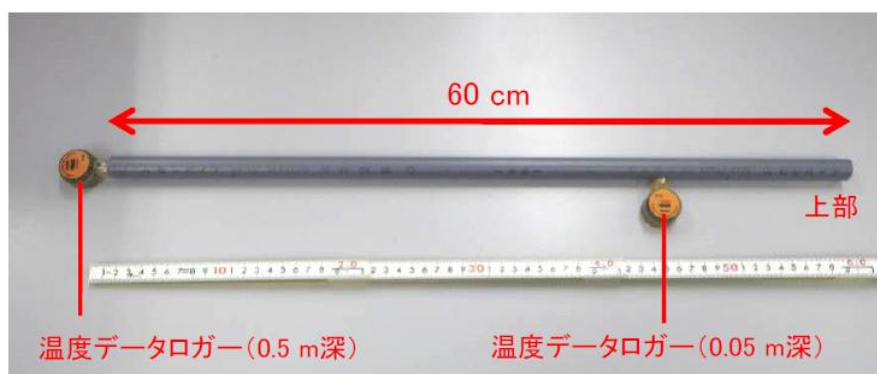


図 3-5 地温計(温度データロガー)と設置するパイプ類の構造

### (3) 定点撮影調査

#### ア) 目的

- ・ 湿原植生や地形の景観を定点から撮影して変遷を記録する。

#### イ) 実施時期

- ・ 植生調査に合わせて実施する。

#### ウ) 調査方法

- ・ 定点からの景観として、ライントランセクト調査の 1 ライン当たり 4 枚を撮影する（始点と終点で各 2 枚：図 3-6）。
- ・ ライン上の全ての方形区の写真を撮影する（20～30 枚）。

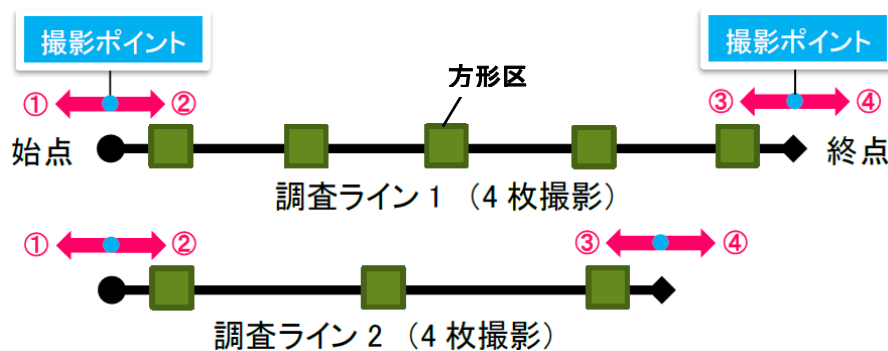


図 3-6 景観撮影のポイントと方向

### (4) 調査体制

- ・ 植生調査は 6 人日（3 名×2 日）で実施する。
- ・ データロガーの設置回収やメンテナンスは 2 人日（2 名×1 日）で実施する。
- ・ 初年度は調査ラインの設定や方形区の設置等があるため、15 人日（5 名×3 日）で実施する。
- ・ 安全面に配慮し、原則 2 名以上で作業を実施する。

### 3-2. 環境調査手法の検討

先に整理した高谷池・天狗の庭周辺における問題点等（表 2-22）を考慮し、現地における環境調査の手法を検討した。提案する環境調査手法の概要を表 3-1 に整理し、具体的な内容については後述した。

表 3-1 現地における環境調査手法の一覧(案)

| 項目      |              | 目的・方法                                                                                                                                            | 実施時期                                                                                                                          |
|---------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 植生・池塘   | オルソ画像・植生図の作成 | <ul style="list-style-type: none"> <li>チシマザサの分布拡大、湿原面積減少等の確認のため、現状の植生分布を記録</li> <li>ドローン撮影と現地踏査によりオルソ画像と植生図(GIS データ)を作成し、過去のものと比較</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査 1 年目</li> <li>撮影は秋(9 月頃)</li> <li>5 年に 1 回程度の頻度</li> </ul>                          |
|         | 池塘分布図の作成     | <ul style="list-style-type: none"> <li>池塘の縮小の確認のため、池塘分布図(GIS データ)を作成し、過去のオルソ画像等と比較</li> </ul>                                                    | (オルソ画像・植生図の作成に合わせて実施)                                                                                                         |
|         | 植生調査         | <ul style="list-style-type: none"> <li>群落の種組成とその変化を把握し、環境変化が植生に及ぼす影響を明らかにする</li> <li>ライントランセクト法により 1m×1m の方形区を 20～30 個設定の上、方形区の角に杭を設置</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査 2 年目</li> <li>夏季(7 月下旬～8 月上旬)</li> <li>5 年に 1 回程度の頻度</li> </ul>                     |
| 気象・物理環境 | 気象観測         | <ul style="list-style-type: none"> <li>基本的な気象要素として、気温と降水量の観測を行い、長期的な気候の変化を把握する</li> </ul>                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査 1 年目に機器設置</li> <li>気温は通年で観測</li> <li>降水量は 5～11 月頃</li> </ul>                        |
|         | 地下水位観測       | <ul style="list-style-type: none"> <li>湿原の基本的な物理環境要素として、地下水位と地温の観測を行い、長期的な推移を把握</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査 1 年目に機器設置</li> <li>通年で観測</li> </ul>                                                 |
| 積雪      | 積雪深観測        | <ul style="list-style-type: none"> <li>積雪深の推移をセンサーカメラのインターバル撮影により観測し、消雪日、最深積雪深や積雪期間等を把握</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査 1 年目から毎年</li> <li>10 月頃にカメラ設置、7 月中旬以降に回収</li> </ul>                                 |
|         | 積雪深の分布調査     | <ul style="list-style-type: none"> <li>消雪時期の差異等を通して山岳湿原の植生変化に影響する積雪深の空間的分布を把握</li> <li>ドローン撮影による雪面の標高と地盤面の標高の差分を積雪深として GIS により算出</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査 2 年目から毎年</li> <li>撮影は 3～4 月</li> </ul>                                              |
|         | 残雪の分布調査      | <ul style="list-style-type: none"> <li>植生分布と関係の深い残雪の分布を把握</li> <li>ドローン撮影によるオルソ画像から把握</li> </ul>                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査 1～3 年目に 1 回</li> <li>6 月頃</li> </ul>                                                |
| 景観      | 景観の定点撮影      | <ul style="list-style-type: none"> <li>定点撮影により、フェノロジー(生物季節)や積雪、池塘の経年的な推移を把握</li> <li>センサーカメラによるインターバル撮影、手持ちカメラ、ドローン等により実施</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査 1 年目から毎年</li> <li>センサーカメラは通年または無雪期(6～11 月頃)</li> <li>その他は現地調査に合わせて定期的に実施</li> </ul> |
| 他       | 大型哺乳類調査      | <ul style="list-style-type: none"> <li>食害による生態系への影響が懸念されるニホンジカやイノシシの進出を確認するため、センサーカメラにより把握</li> </ul>                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査 1 年目から毎年</li> <li>無雪期(6～11 月頃)</li> </ul>                                           |

## (1) オルソ画像・植生図の作成

### ア) 目的

- ・チシマザサや木本等の非湿生植物の湿原への侵入と分布拡大、また天狗の庭における湿原面積の減少が確認されたことから、ドローン撮影によるオルソ画像及び植生図を作成することで現状の植生分布を記録するとともに、過去の植生図との比較により推移を把握する。

### イ) 実施時期

- ・現地調査の1年目に実施し、次年度以降に行う他項目の調査の基礎資料とする。
- ・ドローン撮影は、紅葉等により植生の違いを把握しやすい秋（9月頃）に行い、その後現地踏査を行い植生図を作成する。
- ・5年に1回程度の頻度で継続的に実施する。

### ウ) 調査方法

- ・ドローン撮影は、植生を判別可能な詳細な画像を取得するため、地上解像度が3cm/pixel以内となる対地高度を設定するとともに、適切な撮影計画を行う。
- ・植生分布の経年変化の正確な比較のためには位置精度の高いオルソ画像及び植生図が必要であるため、撮影位置の誤差が数cm程度に収まるようにドローン撮影を実施する。精度確保の手法として、地上への対空標識設置とGNSS測量による正確な座標値の取得、または高精度GNSS測位（RTK方式やPPK方式）<sup>6</sup>による撮影位置情報の補正を検討する（表3-2）。
- ・ドローン撮影により取得した画像より、SfM（Structure from Motion：多視点撮影画像からの三次元形状復元技術）ソフトを用いてオルソ画像を作成する。
- ・オルソ画像を元に植生の境界線を判読した素図を作成した上で現地踏査を実施し、植生図を作成する。
- ・植生図は経年比較や面積算出を行うため、GISデータとして作成する。
- ・作成した植生図と過去のものを比較することで、植生の変化を把握する。

表 3-2 高精度の位置情報を取得可能なドローンの例

| 機種                                                                                                        | 諸元等 |          |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------|-----------------------|
|  DJI Mavic3 Enterprise | 機体  | 重量       | 915g                  |
|                                                                                                           |     | サイズ      | 380mm(対角線長)           |
|                                                                                                           |     | 最大飛行時間   | 45 分                  |
|                                                                                                           |     | 補正方式     | RTK または PPK(要モジュール)   |
|                                                                                                           | カメラ | 焦点距離     | 24mm(35mm 判換算)        |
|                                                                                                           |     | センサー     | 4/3 型 CMOS、有効画素数 20MP |
|                                                                                                           |     | 最大静止画サイズ | 5280 × 3956pixel      |

<sup>6</sup> RTK(リアルタイムキネマティック)は、撮影時に人工衛星(GNSS)の位置情報をその場でリアルタイムに高精度化する方式、PPK(ポストプロセッシングキネマティック)は、撮影後にデータを解析して位置情報を補正する方式であり、いずれも数cm程度の精度を確保でき、オルソ画像や植生図作成の位置精度向上に有効。

## (2) 池塘分布図の作成

### ア) 目的

- ・池塘が縮小している可能性があることから、ドローン撮影によるオルソ画像及び池塘分布図を作成し、過去のオルソ画像等と比較して池塘の形状や面積の変化を把握する。

### イ) 実施時期

- ・ドローン撮影及びオルソ画像の作成は、植生図作成用の作業に含まれる。

### ウ) 調査方法

- ・作成したオルソ画像から、高谷池や天狗の庭等における池塘の形状を図化して池塘の分布図を作成するとともに、過去のオルソ画像からも同様に分布図を作成する。
- ・池塘分布図は経年比較や面積算出を行うため、GIS データとして作成する。
- ・作成した池塘分布図の新旧比較を行うことで、池塘の分布や面積の変化を把握する。

## (3) 植生調査

### ア) 目的

- ・天狗の庭及び小天狗の庭におけるハクサンコザクラの減少や、雪田草原へのイネ科植物の侵入が確認されたことから、植生調査により群落の種組成とその変化を把握し、環境変化が植生に及ぼす影響を明らかにする。

### イ) 実施時期

- ・調査 1 年目に作成した植生図から実施箇所を検討し、2 年目に実施する。
- ・夏季に実施することとし、7 月下旬～8 月上旬が最適である。
- ・同一地点で 5 年に 1 回程度の頻度で継続的に実施し、植生の変化を把握する。

### ウ) 調査方法

- ・ライントランセクト法を用いて植物の量的・質的变化を把握する。
- ・調査箇所の選定にあたっては、先に作成したオルソ画像、植生図等や本業務で整理した過去の調査結果等を参照し、主要な植生や、ハクサンコザクラの減少箇所、チシマザサ等の非湿生植物の分布拡大箇所、また過去の植生調査地点等を考慮するとともに、現地にて地形や植物群落の分布状況等を確認した上で調査ラインを決定する。
- ・調査ライン数は、植生の状況に応じて検討することとし、ライン上に設置する方形区の数作業量を考慮して決定する。
- ・方形区のサイズは、1m×1m を基本とし、場合によっては 2m×2m でも良い。方形区の角には、4 箇所又は 2 箇所に杭を設置する。
- ・方形区内の調査はモニタリングの継続性を担保するため簡便な方法を採用することとし、各種のブラウン-ブランケの優占度・群度を調査するとともに、出現種毎の被覆率(%)、草高(cm)を記録する。
- ・定点撮影として、全ての方形区を個々に撮影するとともに、ラインの始点と終点においてもラインの状況を撮影する。

#### (4) 気象観測

##### ア) 目的

- ・ 高谷池・天狗の庭近傍における基本的な気象要素として、気温と降水量の観測を行うことで、長期的な気候の変化を把握する。
- ・ 現在、高谷池ヒュッテにおいては元管理人の築田博氏により気温が、新潟ライチョウ研究会により降水量が観測されているが、観測作業とデータの継続性を確保するため、それらとは別個に観測することとする。

##### イ) 実施時期

- ・ 現地調査の1年目に観測機器を設置し、気温は通年で観測を行う。
- ・ 降水量については、ヒーターによる融雪機能のない雨量計では降雪を融かして雨量として計測できないことから、5～11月頃を観測期間とする。

##### ウ) 調査方法

- ・ 高谷池と天狗の庭は近傍に位置しており、標高もほぼ同等であることから、気温計、雨量計ともに1地点のみに設置することとし、高谷池ヒュッテ近辺で適当な設置箇所を検討する。
- ・ 気温の観測には小型の気温観測用データロガーを用い（表 3-3）、通風構造を持った簡易なシェルターに格納して日射の影響を受けにくい箇所に設置する。冬季に積雪に埋没しないよう、設置する高さは地上 5m 程度とする。
- ・ 気温の記録間隔は1時間に1回とする。
- ・ 観測機器のメンテナンスとして、毎年 of 春季と秋季に1回ずつ、機器の状態確認とデータ回収、必要に応じて電池交換を行う。

表 3-3 気温観測用データロガーの例

| 機種                                                                                                         | 諸元等     |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------|
| <br>ティアンドデイ おんどとり TR41A | 測定対象    | 温度 1ch センサ内蔵             |
|                                                                                                            | 測定範囲    | -40～80℃                  |
|                                                                                                            | 精度      | 平均±0.5℃                  |
|                                                                                                            | データ記録容量 | 16000                    |
|                                                                                                            | 記録間隔    | 1 秒～60 分                 |
|                                                                                                            | 電源      | リチウム電池                   |
|                                                                                                            | 大きさ     | H:62mm × W:47mm × D:19mm |
|                                                                                                            | 防水性     | IP67                     |
|                                                                                                            | 電池寿命    | 約 1 年半                   |

## (5) 地下水位観測

### ア) 目的

- ・ 高谷池・天狗の庭における基本的な物理環境要素として、地下水位の観測を行い、長期的な推移を把握する。
- ・ 地下水位の観測に合わせて、地温の観測も実施する。

### イ) 実施時期

- ・ 現地調査の1年目に観測機器を設置し、通年で観測を行う。

### ウ) 調査方法

- ・ 水位センサーは高谷池と天狗の庭の両湿原に1地点ずつ設置し、大気圧補正用の大気圧センサーについては、両地点の標高がほぼ同じであることから、いずれかの湿原に1地点のみ設置する。
- ・ 水位センサーを装着した水位管を地表面まで埋め、大気圧補正用の大気圧センサーは直射日光等が温度変化に影響を及ぼさないよう遮光した状態で近傍の樹木に設置する。
- ・ 地温計の設置深度は地表から5cmと50cmの2点とし、細い硬質ポリ塩化ビニル管に装着した上で、水位管の近傍に管ごと埋設する。
- ・ 水位計の記録間隔は1時間に1回とする。
- ・ 観測機器のメンテナンスとして、毎年の春季と秋季に1回ずつ、機器の状態確認とデータ回収、必要に応じて電池交換を行う。

表 3-4 地下水位観測に用いる水位センサーの例

| 機種                                                                                                                                  | 諸元等     |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------|
| <div>Onset HOBO U20L<br/>ウォーターレベルロガー(廉価版)</div>  | サイズ     | Φ31.8×L152mm         |
|                                                                                                                                     | 重量      | 154g                 |
|                                                                                                                                     | 水位精度    | ±0.4cm               |
|                                                                                                                                     | 分解能     | ±0.14cm              |
|                                                                                                                                     | 記録容量    | 21,700 点             |
|                                                                                                                                     | バッテリー   | 専用バッテリー内蔵            |
|                                                                                                                                     | バッテリー寿命 | 約 5 年(1 分以上のインターバル時) |
|                                                                                                                                     | インターバル  | 1 秒～18 時間            |

表 3-5 地温観測に用いる温度センサーの例

| 機種                                                                                                     | 諸元等     |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------|
| Onset HOBO MX2201<br> | サイズ     | 33×16×56mm           |
|                                                                                                        | 重量      | 13g                  |
|                                                                                                        | 計測範囲    | -20℃～50℃(水中)         |
|                                                                                                        | 精度      | ±0.5℃                |
|                                                                                                        | 分解能     | 0.04℃                |
|                                                                                                        | 記録容量    | 96,000 点             |
|                                                                                                        | バッテリー   | CR2032 リチウム電池 1 個    |
|                                                                                                        | バッテリー寿命 | 約 2 年(1 分以上のインターバル時) |
|                                                                                                        | インターバル  | 1 秒～18 時間            |

## (6) 積雪深観測

### ア) 目的

- ・高谷池・天狗の庭周辺における積雪深の推移をセンサーカメラにより撮影・観測し、山岳湿原において植物生育との関係が深いとされる消雪日、また最深積雪深や積雪期間等を把握する。

### イ) 実施時期

- ・降雪前の 10 月頃に観測に用いるセンサーカメラを設置し、高谷池・天狗の庭の積雪が完全になくなる 7 月中旬以降に回収する。
- ・現地調査の 1 年目から毎年実施する。

### ウ) 調査方法

- ・センサーカメラのインターバル撮影機能により、積雪深の計測指標となる樹木（オオシラビソ）、または測量用の標尺（スタッフ）等を積雪期間中に継続して撮影することで、積雪深の推移を観測する。
- ・高谷池と天狗の庭の周辺で 1 地点ずつ、計 2 地点で実施する。
- ・計測指標として樹木を用いる場合には、観測開始前に対象木の樹幹にスケールを当てた状態で撮影し、枝の高さ等を確認することで、積雪深の計測指標とする（図 3-7）。
- ・計測指標として適当な樹木がない場合には、単管パイプ等を地面に打ち込んだものに測量用の標尺等を挿入したものを計測指標とすることも検討する（図 3-8）。
- ・センサーカメラは計測指標の撮影に適した樹木等の高さ 5m 程度の位置に設置し、毎日 9～15 時までの間に 1 時間に 1 回のインターバル撮影を行う。
- ・高谷池と天狗の庭近傍で適当な計測指標木やカメラ設置木がない場合は、高谷池ヒュッテにカメラを設置し、周辺のオオシラビソ等を計測指標木とする（環境省ライブカメラの画像の画角を参考にする）。
- ・回収した画像データを確認し、計測指標の積雪への埋まり具合から積雪深を読み取る。
- ・撮影期間が長期に及び、標高が高く極度の低温となることから、電池切れによる欠測

を防止するため、電池は容量が大きく低温に強いリチウム単三電池とし、センサーカメラは単三電池を 12 本使用する機種を用いる（表 3-6）。

- ・また、環境省ライブカメラの過去画像にもオオシラビソが写っており、その枝高を計測することで積雪深の計測指標となり得るため、過去の積雪深の把握を行う。

**表 3-6 積雪深観測に用いるセンサーカメラの例**

| 機種                                                                                                       | 諸元等      |                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------|
| <p>ハイク HykeCam SP2</p>  | サイズ      | 150 × 120 × 72mm          |
|                                                                                                          | 重量       | 400g                      |
|                                                                                                          | 記録媒体     | SD/SDHC カード 最大 32GB       |
|                                                                                                          | バッテリー    | 単 3 電池 12 本               |
|                                                                                                          | 防塵防水規格   | IP65                      |
|                                                                                                          | 静止画解像度   | 300/500/800/1000/1200 万画素 |
|                                                                                                          | 画角(対角線)  | 52°                       |
|                                                                                                          | スケジュール機能 | あり                        |
|                                                                                                          | タイムラプス機能 | あり                        |

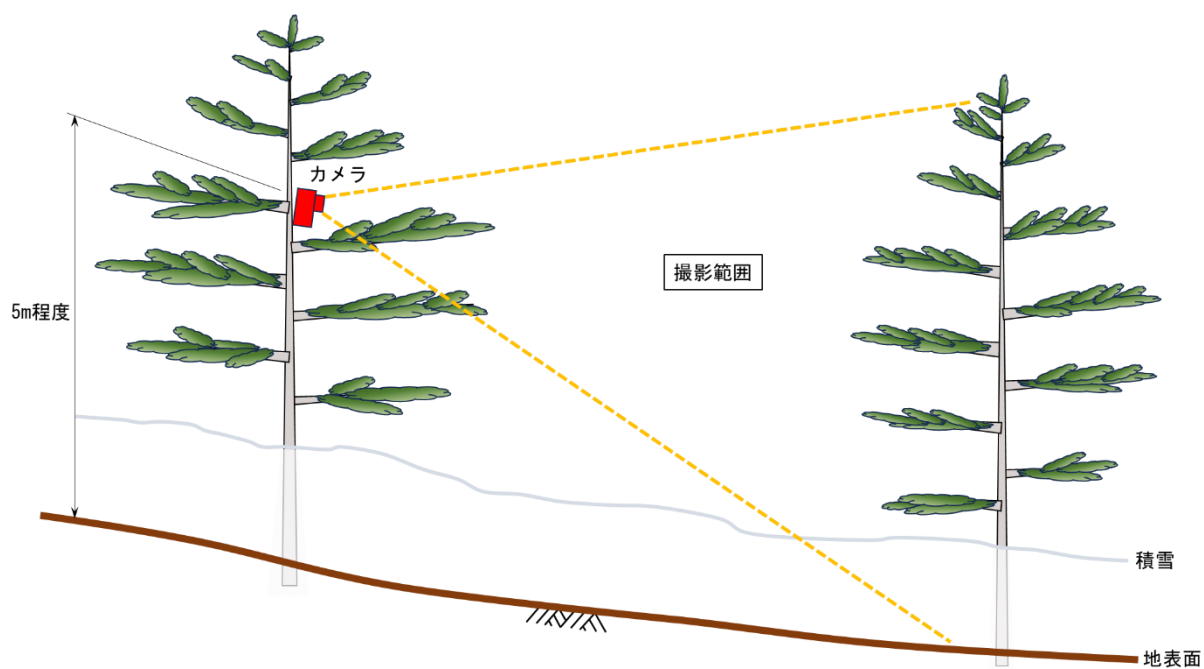


図 3-7 樹木を計測指標とした積雪深観測のイメージ

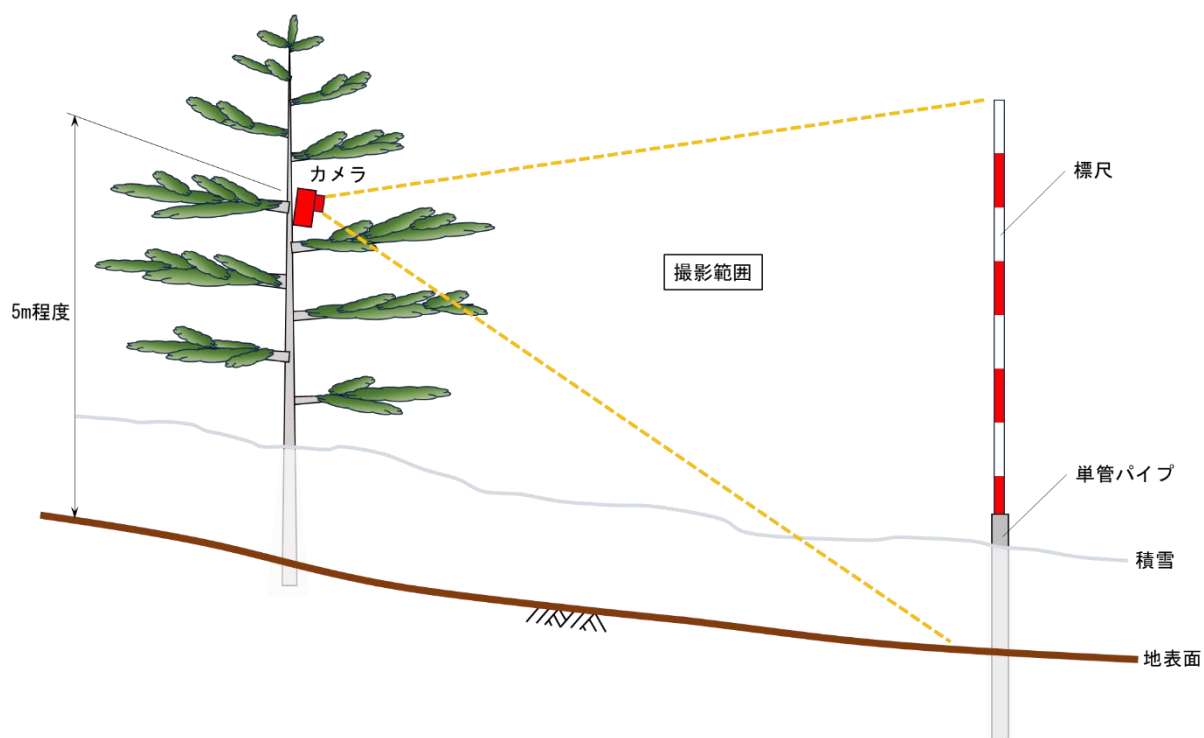


図 3-8 標尺を計測指標とした積雪深観測のイメージ

## (7) 積雪深の分布調査

### ア) 目的

- ・山地においては複雑な地形や風等の影響により、積雪深の面的な分布は一様ではない。地形や植生等の立地環境による積雪の多寡や消雪時期の差異が、山岳湿原の植生変化に影響する可能性が考えられることから、積雪深の空間的分布を把握する。

### イ) 実施時期

- ・高谷池・天狗の庭の積雪が十分にあって積雪深の分布把握に適しており、また天候が安定し始める 3～4 月頃に実施する。
- ・現地調査の 2 年目以降に実施する。積雪深は年による変動が大きいため、多雪年と少雪年の差を把握するためにも、毎年の実施が望ましい。

### ウ) 調査方法

- ・ドローン撮影により取得した画像から SfM ソフトを用いて積雪面の標高を表す DSM (Digital Surface Model : 数値表層モデル) を作成する。
- ・地盤面の標高を表す DTM (Digital Terrain Model : 数値地形モデル) と DSM との差分を GIS により算出し (積雪深=DSM-DTM)、積雪深の面的な分布を把握する (図 3-9)。
- ・位置精度の高い DSM が必要であり、特に高さの精度が重要であることから、「オルソ画像・植生図の作成」で示した精度確保の手法を用いてドローン撮影を行う。
- ・DTM は、国土地理院が公開する基盤地図情報の数値標高モデル等、既存のデータを用い、解像度が高く地形を詳細に表現できるものを採用する。

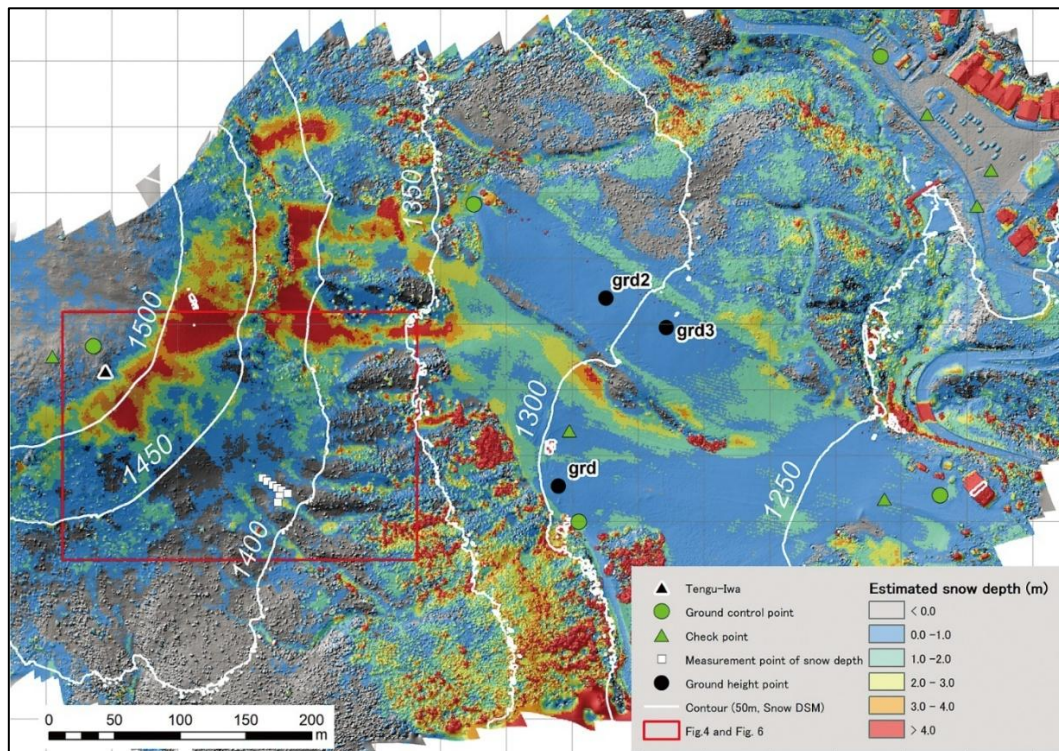


図 3-9 山岳地におけるドローン・SfMによるDSMとDTMの差分からの積雪深分布の推定事例<sup>7</sup>

<sup>7</sup> 内山庄一郎ら(2018) 雪崩災害調査への UAV-SfM の適用: 2017 年那須町雪崩災害の事例. 自然災害科学 J. JSNDS 37 特別号, 119-135

## **(8) 残雪の分布調査**

### **ア) 目的**

- ・残雪は植物に対して生育期間の短期化をもたらし、雪田草原の分布とも関係が深い。残雪が遅くまである箇所は地形に制約を受けるため、年によらず概ね同様の分布を示す。定常的に残雪の分布する箇所では、積雪の減少により植生変化が生じやすい可能性があることから、残雪の分布を把握する。

### **イ) 実施時期**

- ・高谷池と天狗の庭周辺である程度消雪が進み、遅くまで雪の残る範囲を明瞭に識別できる 6 月頃の実施とするが、調査実施年の積雪と融雪の状況を事前に把握し、適切な時期を選定する。
- ・残雪の分布箇所は年による変動が小さいと考えられるため、現地調査の 1～3 年目に 1 回実施する。
- ・なお、先に提示した「積雪深の分布調査」の調査時期は 3～4 月が望ましいが、年度を跨ぐ時期となり業務発注が難しい場合には、本調査のみを実施することも検討する。

### **ウ) 調査方法**

- ・残雪の分布は、ドローン撮影により取得した画像から作成したオルソ画像を用い、残雪のある範囲を判読する。同時に DSM も作成し、残雪箇所の積雪深を把握する。

## **(9) 景観の定点撮影**

### **ア) 目的**

- ・定点における景観撮影により、フェノロジー（生物季節：芽吹き、紅葉、落葉等の時期）や積雪の状況を記録するほか、火打山を代表する景観である湿原や池塘の縮小等について、経年的な推移を把握する。

### **イ) 実施時期**

- ・現地調査の 1 年目より実施する。
- ・センサーカメラを設置する場合、高谷池ヒュッテなど積雪に埋没しない箇所では通年で定点撮影を行う。積雪に埋没する箇所では、無雪期（6～11 月頃）を設置期間とする。

### **ウ) 調査方法**

- ・カメラを常時設置可能な高谷池ヒュッテにおいては、センサーカメラによるインターバル撮影を実施し、毎日 6～19 時の間に 1 時間毎に撮影する。撮影画角は、環境省ライブカメラの画像（写真 2-4）と同等とすることで、過去との比較が可能となる。
- ・天狗の庭においてもインターバル撮影に適した撮影地点を検討の上、センサーカメラを設置することとし、適当な設置木等がない場合は、木杭等を打設の上カメラを設置する。
- ・植生調査や気象観測機材の点検時など定期的に現地に訪れる際に、撮影地点や画角を

定めて手持ちカメラによる撮影を行う。撮影地点は GPS により座標を記録し、毎回同じ位置で撮影できるようにする。築田博氏から提供された高谷池と天狗の庭の定点写真（図 2-22、図 2-23）と同等の画角での画像も継続して撮影する。

- ・ドローンは対象地を鳥瞰的に撮影できるため景観の把握に適している。定期的に現地に訪れる際に、撮影地点や画角を定めて撮影を行う。
- ・インターバル撮影による画像から、フェノロジーの判定を行う。芽吹きや紅葉等の判定については、撮影画像内に特定の指標木を定めた上で行う。

## **(10) 大型哺乳類調査**

### **ア) 目的**

- ・火打山における過去の調査（文献 49）ではニホンジカやイノシシの進出について報告されている。高谷池や天狗の庭でも食害による生態系への影響が懸念されることから、センサーカメラによる調査を行う。

### **イ) 実施時期**

- ・現地調査の 1 年目より実施する。
- ・6 月頃にセンサーカメラを設置し、10 月下旬～11 月初旬頃に回収する。

### **ウ) 調査方法**

- ・高谷池及び天狗の庭周辺に 3 箇所程度ずつ、センサーカメラを樹木や杭等に設置する。
- ・赤外線センサーの反応による撮影とし、カメラの前を動物等が通過した際の画像を記録する。
- ・撮影画像は、撮影された動物種、頭数、撮影時期等について解析する。

### 3-3. 有識者ヒアリングの必要性

本調査は、高谷池・天狗の庭周辺における山岳湿原の変化要因を整理し、今後の適切な保全対策を検討することを目的とするものである。

近年、チシマザサ等の非湿生植物の侵入や湿原面積の縮小、池塘形状の変化、ならびにハクサンコザクラ等の湿原性植物の減少が確認されているが、これらの変化が気候変動に伴う積雪環境の変化等に起因するものか、自然遷移によるものかについては、現時点では確証が得られていない段階である。

山岳湿原は、植生、地形及び積雪等の環境が相互に作用する複雑な生態系であり、とりわけ消雪時期や積雪期間の変化は植物の生育期間や種組成に影響を及ぼすことが知られている。このため、本年度業務の資料調査結果のみから因果関係を断定することは困難である。

以上を踏まえ、調査計画の妥当性及び解析結果の解釈の客観性を担保する観点から、山岳生態学、植物生態学等に精通した有識者へのヒアリングを実施し、専門的助言を得る必要がある。ヒアリングは調査 1 年目の調査実施前及び保全対策の検討時に実施することとし、必要に応じて調査の中間にも行い、調査手法及び解析方針の見直しを行う。有識者は高谷池・天狗の庭や火打山の植生及び環境について見識を有する者が望ましい。

有識者ヒアリングの候補者を表 3-7 に示す。

表 3-7 有識者ヒアリングの候補者

| 氏名    | 所属等                                                | 候補とした理由                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 藤本 孝昭 | 新潟生態研究会<br>会長                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 植物が専門分野</li> <li>・ 火打山に毎年登っており、現地の状況を把握</li> <li>・ 生命地域妙高環境会議 入域料部会 委員</li> <li>・ 「平成 29 年度妙高戸隠連山国立公園火打山周辺における高層湿原植生調査業務」(環境省長野自然環境事務所:文献 46)の業務実施者</li> </ul>                                                    |
| 工藤 岳  | 北海道大学大学院<br>地球環境科学研究院<br>環境生物学部門<br>陸域生態学分野<br>准教授 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高山植物に関する研究が専門</li> <li>・ 積雪と植物生育に関する知識が豊富</li> <li>・ チシマザサの影響、刈り取り試験等</li> <li>・ 人為的な植生管理に関して考え方を提言</li> <li>・ 「令和元年度妙高戸隠連山国立公園火打山周辺におけるライチョウ生息地回復調査業務」(生命地域妙高環境会議:文献 50)において火打山の現地調査を実施、人為的植生管理について助言</li> </ul> |

## 4. 実施計画案

### 4-1. 目的

本計画は、高谷池・天狗の庭周辺の山岳湿原における陸地化・乾燥化の現状把握と植生等の変化要因の解明を目的とし、各種の環境調査を実施し、その結果を総合的に解析・評価することで、今後の適切な保全対策を検討・実施するものである。

### 4-2. 現地における環境調査

気候変動に伴う気温や積雪環境の変化が湿原植生の構成種及び分布に影響を及ぼし、結果として陸地化・乾燥化にともなう湿原や池塘の面積縮小を招いている可能性がある。これらの関係性を明らかにするため、下記①～⑩の環境調査を実施する。調査実施前に現地踏査を行い、機器設置や調査の具体的な箇所、及び調査手法の詳細を確認する。

- ①オルソ画像・植生図の作成
- ②池塘分布図の作成
- ③植生調査
- ④気象観測
- ⑤地下水位観測
- ⑥積雪深観測
- ⑦積雪深の分布調査
- ⑧残雪の分布調査
- ⑨景観の定点撮影
- ⑩大型哺乳類調査

### 4-3. 解析・評価

環境調査結果より、植生変化と気象・積雪・地下水位等の基礎的環境との関連について総合的に解析する。取得したデータを GIS 等により解析し、気象や積雪の経年推移、植生分布の変化、湿原及び池塘面積の変動、種組成の変化傾向、物理環境との関係を整理し、変化要因について検討を行う。その評価結果を保全対策検討のための基礎資料とする。

### 4-4. 保全対策の検討

解析・評価結果を踏まえて湿原保全上の課題を整理し、保全対策の必要性を検討する。保全対策が必要と認められた場合、具体的な手法の立案にあたっては、人為的な植生改変が植生回復に対して効果があるか、土壌浸食などの環境攪乱の発生リスクはないか、市民の合意が得られるか、等の留意点についても勘案し、効果及び実施可能性を検討する。

### 4-5. 有識者ヒアリング

調査計画の妥当性及び解析結果の解釈の客観性を担保する観点から、山岳生態学、植物生態学等に精通した有識者へのヒアリングを実施し、専門的助言を得る。ヒアリングは調査 1 年目の調査実施前及び保全対策の検討時に実施する。必要に応じて調査の間にも行い、調査手法及び解析方針の見直しを行う。

#### 4-6. 実施工程

今後の高谷池・天狗の庭における環境調査と保全対策検討のフローを図 4-1 に、調査実施工程を表 4-1 に示す。

#### 4-7. 課題（長期モニタリング体制の構築）

ここでは調査実施から保全対策の検討までを 5 ヶ年で想定したが、高谷池・天狗の庭の湿原環境は、自然遷移と気候変動の影響により長期的に変化していくことが予想される。湿原環境の変化を継続的かつ定量的に把握するとともに、環境変化に応じた柔軟な保全対策の検討・実施のためにも、植生、気象・積雪等について長期的なモニタリング体制を構築し、データを蓄積していくことが重要である。

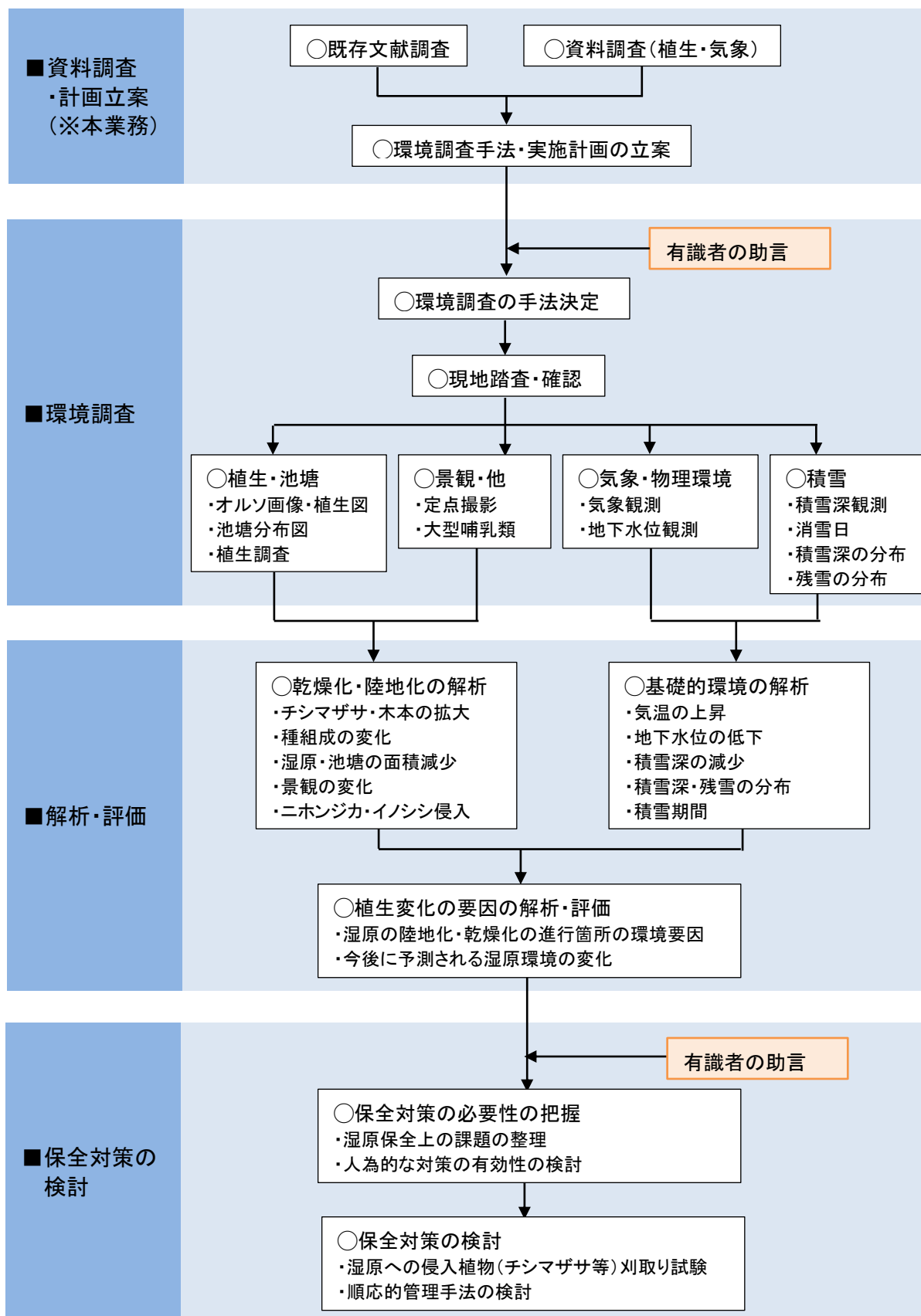
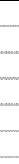


図 4-1 高谷池・天狗の庭における環境調査と保全対策検討のフロー

表 4-1 環境調査及び保全対策検討の工程(5力年で想定)

| 項目         |                  | 2026年<br>(R8)                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2027年<br>(R9)                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2028年<br>(R10)                                                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2029年<br>(R11) |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2030年<br>(R12)                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2031年<br>(R13) |  |  |
|------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------|--|--|
|            |                  | 1                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1                                                                                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1              | 2 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
| 現地における環境調査 | 予備調査             |                                                                                                                                                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | 環境調査の計画立案        |                                                                                                                                                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | 現地踏査             |                                                                                                                                                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | (1) オルン画像・植生図の作成 |                                                                                             |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | (2) 池塘分布図の作成     |                                                                                             |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | (3) 植生調査         |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                             |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | (4) 気象観測         |                                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | (5) 地下水位観測       |                                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | (6) 積雪深観測        |                                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | (7) 積雪深の分布調査     |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                             |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
| 調査結果の解析・評価 | (8) 残雪の分布調査      |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | (9) 景観の定点撮影      |                                                                                          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
| 保全対策の検討    | (10) 哺乳類調査       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | 調査結果の解析・評価       |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
| 有識者ヒアリング   | 保全対策の検討          |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
|            | 有識者ヒアリング         |                                                                                                                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |
| 凡例         |                  |  : 現地調査・機器設置 回収等                                                                                                                                                             |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  : 現地観測継続                                                                                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  : 解析・検討 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |



令和 7 年度  
火打山高谷池・天狗の庭湿原 環境調査実施計画作成業務  
報 告 書

令和 8 年 3 月

発注者：生命地域妙高環境会議  
事務局（妙高市環境生活課内）  
〒944-8686 妙高市栄町 5 番 1 号  
TEL：0255-74-0033

請負者：株式会社グリーンシグマ  
〒950-2042 新潟県新潟市西区坂井 700 番地 1  
TEL：025-211-0010