

大雪山構造土地形研究小史

藤 木 忠 美

一、まえがき

大雪山における地形学研究は充分進んでいるとは言いがたい。地質学的調査の一部として簡単に言及されているが、主要部分をしめる火山地域の火山地形形成機構史の立場からの研究は、これからの問題として残されている。また氷河地形に関する研究も主として国府谷(一九六三)の短報があるのみで、その当否に関する議論は行われているが、充分な考察は今後の調査にまたねばならない。また永久凍土の存在はたしかめられているが(福田、木下 一九七四)調査は今後の問題であり、地形学的研究として広い意味では周氷河地形に属する構造土現象に関する問題のみが、若干の進展を認められている。ここでは構造土地形研究の状況を主として紹介し、筆者の註および見解を()内に附記する。

構造土に関する定義・研究の意義についてはすでに解説書もあり、筆者(藤木 一九七三)も簡単に述べておいたが一言でいいあらわせば凍結・融解に起因する微地形であり、しばしば、植生との相互作用をともなって見られる幾何学的パターンを持つものを主とし、幾何学的パターンを欠く場合も、顕著な擾乱の結果をしめすものが多い。大雪山における構造土は、緯度、分布高度からみても凍結性構造土、あるいは寒冷構造土(cold patterned ground, cold (region) patterned ground)といわれているものであり、その研

究は地形形成管力学、気候学、特に気候変動論に関連するとともに、生態学及び防災(砂防)科学あるいは景観保全など広く各分野にまたがっている。

以下、解説的な文献も含めてどのような調査・研究が行われているかについて紹介するが、原著者の意を充分につくせない点、および筆者の意見のくわしい論拠は小論の性質上省略したこと、また必ずしも年代順の記述によらないことをおことわりしておく。また構造土は大雪山火山域に分布するものに限った。

二、研究小史

大雪山一帯に広く各種の構造土が存在することは大正末期・昭和初期から地質学者や植物学者、あるいは登山者などによって知られていたようである。これらの先駆者達の残した記述や談話については今回入手収録することができなかった、またここで紹介する文献以外にも入手できなかった文献があり、新聞記事及び各大学の卒業論文・講演なども収録できなかったのは遺憾である。

若生(一九五七)の報告は現在の調査・研究の最初のもので、御鉢平周辺において turf-banked bench, stone-banked bench, 及び stone stripe について記述している(用語は原著者の使用したものを原則としてそのまま使用する)。写真及び断面図を附し、植物・stripe・bankの相互関係に論及し、bench上にみられる小型のstripeの延



びる方向は at random であり、bench の下方の堤は元来 stripe でありこれに植生がからみあって高さを増し bench が形成されると考えた。また stripe の幅の大なるものは深さも深く、礫も大であり、礫部の垂直粒径分布は上部が大で下部が小という不連続があるとしている (Bench 上の stripe は写真から見て、stripe よりむしろ不完全な多角形土ないし、多角形土と stripe の漸移型と見るべきであり、bench の堤が stripe から形成されるという見解は特殊な場合を除き認められない。また北鎮岳・中岳の鞍部で earth finger について記載しているが、雨洗が凍結作用に勝るのではないかと述べているのは注目すべき注意である)。酒匂・河内・藤木・小林・稲垣・千野 (一九五八) はトムラウシ山の池に発達する大型構造土を報告し、日本では見事なものであり、世界的にみても一流であるとし、種々の観察結果を簡単に述べている。(現在からみてその観察事実はかなり不備であり構造土の大きさなどについても事実とずれている点もあり立地地形に関する筆者 (藤木) の観察は編者がヒサゴ沼と一、八二〇〜一〇m 面の地形を混同したとしても全く誤っている。池と構造土の座状を示す概念図 (酒匂) は、模式的過ぎるが全体的特徴は良く表現されている。

小林は大型構造土の形成条件として、水分の豊富なことを強調しているが、この見解はその後の研究に大きな示唆となった。中尾 (一九五八)、秋葉 (一九五八) は大雪山に各種の構造土が広く分布していることを記し、水対流説に対する疑問を述べ、盛り上り説を紹介した後、古気候学的立場及び植生との関係に注意すべきであるとしている。土居・国府谷・藤原・長谷川 (一九六一 a) は大雪山 (上川町管内) 一、六〇〇m 以上の地域に構造土が見られ、赤岳、熊岳火口の小型多角形土、環状砂礫を記し、高根ヶ原の構造土で礫が楔状に垂直に落ちこんでいることから、水対流説を考えている。また構造土の大きさは水対流の規模によるものであろうとしている。

国府谷 (一九六一 b) は忠別岳南方鞍部、熊岳などで一、五〇〇m 以上に構造土が見られるとし、美しい写真によって環状砂礫・条線砂礫を紹介し、赤岳東側の大型環状砂礫 (多角形土のこと) を示している。国府谷・松井・河内・小林 (一九六六) 及び国府谷・小林・金・河内 (一九六八)、また国府谷・小林 (一九七〇) は大雪山・旭岳幅域に分布する各種の構造土を記載し、特に (一九六八) の報告ではトムラウシ山の大型構造土の写真及び一、八四八m (一九七〇) では一、八一八m の窪地に発達するものに

つき平面図を示し、かなりくわしい記載を行っている。これは酒匂等 (一九五八) をおぎなうものであり、ヒサゴ沼に発達するものについても記している。また水河地形を含め、周水河地形の分布図をかかげている。

これは黒岳から硫黄沼にいたる主要部分を含み、(一九七〇) 及び石川・酒匂・国府谷 (一九七三) で訂正拡充されている。(一九六八) では大雪山の気候条件をヨーロッパの山地の観測値、及び札幌・稚内の高層気象資料から検討し、少なくとも一、八〇〇m (一九七〇) では二、〇〇〇m) 以上の高度では、現在も周水河気候条件下にあると考えても大きな間違いはないと思われるとし、更新世末には確実に周水河的気候条件下にあり、水河地形を含めて各種の周水河地形の多くのものは、ほぼ同一高度に分布することも考慮して、当時 (氷期) 形成されたものと考えている。

現在の構造土の下限を一、六〇〇m とし多雪地帯であることから、現在の周水河作用はごく表層的なものと考え、流水による侵食作用が支配的であるとしている (構造土の古気候学的考察を行い、現成と化石化したものに分けようという考えは重要である。しかし比較資料としてかかげたシェニエーロッパなどの三地点の観測地の高度は J. Thicart の資料によると思われるが、高度に比し年平均気温が低すぎる。他の資料によれば測高所の高度はそれぞれ約四〇〇m、一、四〇〇m、一、六〇〇m 高くなっており、検討が必要である)。約一、八二〇m 高度ヒサゴ沼西方平坦尾根上の長径約一〇〇m の凹地については多角形土の径は中心部に向って大となり、三m におよぶものもあり、構成する礫も多角形土の交点で五〇cm におよぶものもあるとし、一般に 1m 前後で六角形が多く池の周辺部で条線砂礫との漸移型が見られ、ヒサゴ沼のくびれ部にも 1m 前後のものをみとめている。水深三〇cm 以上のところには、多角形土はみられず礫石に漸移しているとし、白雲岳の北側の礫石とともに考察し、これらの場所が八月頃まで多量に残雪が残ることから、これを一種の雪蝕地形と考え、現在形成中のものと考えている。ヒサゴ沼のものは現在の残雪が長くないことから、化石化したものである可能性を述べている。またトムラウシ山周辺に多くの礫石原も見られるとしたほか、条線砂礫にもふれ、礫質部が夏期には自然排水路となり、水の営力も一部加わることを見出し、多角形土は五度前後の傾斜面になると規則性をうしない条線砂礫に漸移するが、細粒物質の少ないところでは一〇度前後の傾斜地でも、多角形土が安定して形成される場合があることに注

意している。

その他流土階段にもふれ急斜面では崖の高さが七〇〇〜一〇〇〇mにおよび、植生におおわれながらもなお移動している様にもみえたと述べ、一般に植生におおわれているの方が崖の高さが大であるとし、植生の有無と成因の差は不明とし、高根ヶ原・忠別岳・化雲岳・トムラウシ山によく発達していると報告している。(一九六六)では小塚土がやや湿潤な雲ノ平・赤石川にそう地域に発達しており多角形土より植生との関係がよく密接だとしている。構造土の形成年代に関しては前記の古気候との関連のほか、多角形土について、赤岳など古大雪熔岩で形成されている地域では一〜二mの大型のもの、復合型(大型の内部に小型の多角形土が出来ている場合をいう)が発達するのに対し、新大雪熔岩あるいは層雲峡熔結凝灰岩で形成される北海平・雲ノ平などでは小型の多角形土が発達しているとし、通常多角形土(環状砂礫の意)の形成時期が二期に分けられ石化したもの、現在形成中のものに分けられる可能性を注意している。

以上、一九六一a、一九六一b、一九六六、一九六八、一九七〇、一九七三cは重複した記述が多いので、主として(一九六八)、(一九七〇)によった(一連の報告で強調されている主要な点は形成年代に関することと水対流説を主要成因と考えていることと多角形土の発達を規定するのは気候条件と水を保有するような細粒物質の厚さであり、礫質多角形土が一般に小型なのは、下位にあまり細粒物が発達していないこと(一九七〇)としていることである。これ等の記述は、水対流説は疑問であるほかは重要な指適である。石化したものと同程度の区別は、区別の規準が問題である。北海平にも大型多角形土・網状土・条線土が形成されており、一般に植被構造土は五〇〇年以降の降下と考えられている数枚の火山灰を含んでいるが、大型多角形土・環状土は筆者のみたかぎり火山灰を含んでいない。ヒサゴ沼くびれ部の舗石は石化した可能性を考えられているが、火山灰を含まず、一方附近の火山灰を含むハンモッタ土(小塚土)、及び平坦な植生地の下に一面に舗石ないし砕石原がうまっている。火山灰は水、風、霜の作用を受けて降下後流亡、拡散したことも考えられ、構造土の形成年代が二期に分けられるかどうかは、今後の調査が必要である。

藤木(一九六三)は写真によって主として大雪山における各種構造土を紹介し、盛上り説によって礫の押し出し、ハンモッタ土の形成―霜柱による淘汰作用―構造土の

完成を考えながらも割目の形成、水流の作用を考えねば説明できない場合もあることを注意したほか、化石構造土の古気候学的意味について簡単に述べている(構造土が広く非寒冷地帯にも形成されていることは現在知られており、構造土が寒冷地帯にのみ形成されることであるのは誤りである)。小崎(一九六五)は大雪山北半部、黒岳・緑岳・旭岳・比布岳の範囲の構造土分布を詳細に明らかにし、この調査結果から種々の議論を行っている。主要な見解としてはまず構造土関係の述語を定義し、各種構造土につき成因論を試み、緑岳付近の巨大な植被階状土を化石構造土とし、現在よりも融凍攪拌がはるかに激しく行われた時代、おそらく *Würm* 氷期の産物ではないかとしている。構造土限界をハイマツ上限高度とし、大雪山では、これを平均一、八五〇mとし、構造土の八割は風上側頂部斜面に発達しているといっている。植被構造土(ハンモッタ土・小塚土)は凍結・収縮によって地表面に多角形の割目ができることによって発生し、割目から中心に向かって植生の附着が進行し、中心部の凍結ハゲ(植生の着生しない部分)の影響で、この部分が周辺より最大凍上量をもつため、地表面はこの部分がわずかに高まるとともに凍結ハゲ部では浸蝕が起こり、新期火山灰の定着を防ぎ、凍結ハゲの植生附着後是不等凍上によって除々に中心部が高まるともに多角形の角がとれて凍結坊主(ハンモッタ土)が形成されると考え、植生の無いところには凍結坊主が形成されないとしている。礫質構造土(多角形土)の場合は、同じく凍結割目の発生後、地中の礫が、霜柱(地中の)の影響で地表へ押し出された後、割目へ落ちる。割目が拡大されて凍結溝となると中心部が不等凍上で高まるとともに、融解時に凍結溝が先に融けて不等沈下を起こし、中心部と溝の部分の比高を増し、益々溝への礫の集積を早めるとともに、中心部は細粒部分としての形を整える。また構造土の大きさを決めるものは凍結割目の幅と深さ、および割目の作る網目の大きさであるとし、凍結深度が深いことも関係するらしいと記している(これらの考察は主として白雪岳火口内の植被構造土の調査結果によっている)。同様の見解は、小崎(一九七四)にもみられる(小崎の見解は構造土の形成過程を扱ったものとしては注目すべきものと思われる。従来の観察が成因論の根拠としてはすべて既知のものであり、大雪山にも諸外国や本州高山で観察・報告されたものと同じようなものがあるという程度を出なかつたのに対し(一九六五)では新しい見解を示したからである。多角形土や礫質網状土(明瞭な多角形をなさない網目状の礫質部をもつもの)

が発生(初期) 状態として割目を必要とすることは明らかであるが、植被構造土(ハンモック土)が割目の形成から中央部の盛上りとともに、多角形の角がとれるという考えは興味深いがおお多少の疑問も残る。角がとれたという確実な証拠をしめす例の発見が望まれる。割目説では多角形土と共存する環状土の説明はできないが、多元発生説の立場もとれるので、多角形土については妥当な説明とみとめられる点が多い。ハンモック土については尾根状ないし、なまこ状のものについては割目説では説明が困難であり、火山灰降下時期と構造土形成期に関して、降下後構造土の形成がはじまったと考えているのは、ハンモック土以外では筆者も同意見である。割目の形成を凍結時の土壌の収縮としているが、なお乾燥も関係している場合も考えられるので、多少の疑問がある。

藤木・福田(一九七〇)は大雪山の構造土を中心に各種の成因論を検討し、成因を一つの定式にまとめることは現在では不可能であるとし、多元発生説の立場をとり、環状土については突き上げ説を採用しているが、物理的機構については室内実験結果を野外に適用することの困難を指摘している。藤木(一九七二)は構造土研究の第四紀地学における位置を解説し、成因論の歴史的発展を述べ、割目説と突き上げ説を解説し、割目説では凍結と乾燥に分け乾燥説に重きをおいている。突き上げ説による盛上りの成因として凍結圧力による場合と比重差(水対流でなく、いわゆるダイアピリティックな現象)両説を記している。巨大化石構造土につき確実なものはまだ発見されてないとし、将来発見される可能性をのべている。鈴木・福田(一九七二)は化雪岳およびトムラウシ山周辺の sorted circle (環状土)につき赤石山脈の例とともに、これを突き上げ説によって考え、諸外国における実験結果をもとに検討し、直径一・一～一・五m前後と一〇～一五cmの二種にわけられるとし、淘汰の結果による礫の垂直分布において上部粗粒層と下部細粒層の境界が明瞭な不連続面をなし、かつ地表の凹凸と不連続面の凹凸が対応しており、小型の方の下部細粒層の厚さは一五～一七cmで一定であるとし、凸部(mound)の形成が粘土粒子を含むことから、凍結・融解のくり返しによって、下部層の押し上げによることを考えている(大きさが二種に大別されるかどうかは、再調査の必要があるように思う)。高倉(一九七二a)は大雪山のハンモック(土)の形成環境を調査し、ハイマツ帯以下の東斜面に最も多く分布し、立地は、火口底などの凹地、山腹斜面、谷頭斜面、稜線斜面に大別している。また残雪の周囲の土壌の集積が盛んなところ、凍上

しやすいところに分布するとし、突き上げ説が有力だとしている(突き上げ説にかぎるのは疑問がある)。高倉(一九七二b)は忠別岳の忠別沼北方(石狩川斜面)の Debris Bank (泥島、ただしここでは礫島)を写真を付して記し、三・六mの径を持ち1m前後の岩塊群中に三〇cm大の岩塊から中心部が成っており、最も大型のものは1m大の岩塊で構成されていると記し、現在の残雪状態と現在形成されていると思われる淘汰多角形土との比較と、土壌の現在の乾燥状態から過去の周水河地形と推察しており、この附近の岩塊及び凹地が国府谷など(一九六八)によってそれぞれモレーン、カールとされていることも考え、成因の気候変化的関連で重要であるといっている(Debris Islandsの形成機構はいまのところ明らかでないが、いまままでに報告されたものでは世界最大級のものであり、再調査によって、よりくわしい記載が望まれる)。OMOTO(一九七三a)は、熊ヶ岳火口池底の径三〇～八〇cmの多角形土の内部細粒部の含水量を電氣的に測定し、九月中旬で重量パーセントで表層六〇%、以下四〇cm深さまで五六～五一パーセントであることを報告し、これらは現在の気候条件下で形成されるとし、ハンモック土を含む美しい写真をあげている(割目の形成については、凍結割目説に賛成しているようであるが、明確にしてない。すでに完成している構造土についての測定値がどんな意味をもつかについては記載していないが、現場で含水量を測定した例は大雪山でははじめてであり、細粒土層の流動性について考えるうえで貴重な資料である)。藤木(一九七三b)は大雪山の主要な構造土の簡単な要約を行い、特にハンモック土について各種の成因を考えいづれも一般性をもちえないことを強調し、多元発生説をとっている。小嶋(一九七四)は大雪山を含む日本の構造土を概説し、(一九六五)の意見を紹介し、又大雪山の構造土境界下限高度が日本アルプスの下限高度に相応する推定年平均気温0℃より五〇～m高く約一、六〇〇mであり、大陸性気候による植物の生育期間の温度が高いためハイマツ帯上限が日本アルプス(二、五〇〇m)に比し高いためとしている。北海平・鳥帽子平・間宮岳北方の平坦面に一辺一〇m以上の巨大多角形土が存在することを記し、航空写真から読みとった分布図をかかげ、また写真を載せている。割目部に相当するところは凹んでおらず、表面が平で一方が開いた三・五五角形の草本の帯となっており、下端が雨裂に移行するものが多く、草本帯の中央が片側に凍結割目が走っており、凍結時には2cm以上に拡がり、氷がつかまっていると記し、'tundra polygone'に類

似するとし、現在 *ice sheets* を下部にもつ現成のものか、残存形かはわからないとしている（大雪山にはこのほかトムラウシ山頂下ドーム周辺にも巨大型構造土状パターンがかなり分布しているのが航空写真からわかっており、まだほかにもありそうである。存在がたしかめられている永久凍土との関連で、これらが真に巨大型寒冷構造土であるのか、またそうであるとして、現成のものか、化石化したものか、残存しているものかは今後のきわめて興味ある問題である）。

三、大雪山の構造土研究と今後の問題

以上に記したように、大雪山の構造土の主要分布とその記載はほぼ終わったといつて良い。上記以外にも、もちろん各種の構造土がいたるところに散在しているが、予想された種類は全部発見された。大雪山の気候・地形条件から考えて、これは当然のことであり、もし構造土が見出されないとしたら、むしろ不思議である。残された問題としては、化石構造土、特に巨大型のよりくわしい調査と永久凍土と構造土との関係、及び氣候変動との関連、すなわち形成年代の問題と成因論の確立である。

内外のおびただしい研究・調査例ですでに可能性ある成因は出つくしており、具体的な実証的研究が残されているだけである。大雪山はその豊富な構造土現象からみて日本における最も良きフィールドであることは、研究者のすべてが認めているところである。ところで「大雪山」の構造土問題という立場からの研究は、現在進行中の調査は別として、いままではほとんど手がつけられていない。すなわち大雪山の表層地質、地形発達史の立場からみて、構造土が現在豊富に存在するという事実は何を意味するのであろうか。構造土が完成していることはその場所が安定していることであり、植生に覆われているのはすでに化石化するほどの間その場所が攪乱からまぬがれていることである。構造土をつくるような攪乱が起こる前のその場所は、いかなる安定状態にあったのであろうか。それとも巨大構造土ができるような、さらに大きな攪乱のため大型構造土すらできざる余地がなかったのであろうか、あるいは現在形成されている場所は、かつて植生に覆われて安定していたのであろうか。また深い池の底とか雪溪・または氷河の底であったのであろうか、あるいは凍結・融解を起こすにはあまりにも寒すぎて氷結安定であったのであろうか。

現在構造土がみられない裸地には、なぜ構造土ができていないのであろうか、構成物質の差であるのか、深く凍結しない場所であるからなのか、あるいは構造土が破壊されたばかりであるのか、よりはげしい営力によって植生が消滅し正に構造土発生の時期直前になっているのか、なだらかにみえる斜面は火山性のみによるのであろうか、構造土をつくるようなはげしい攪乱によって平滑化されることも加わっているのだからか、現在構造土が化石化し、あるいは破壊されつつあるものもあり、正に発生しつつあるようにみえる構造土もある、この地域差は大雪山の表層地形の進化にとって一体どのような意味をもつものか。地形学上の疑問のみでも「大雪山」の構造土の研究はこれからである。

大雪山は開発されたとはいえず、凍結時の調査は大なる困難をともなっている。田沼邦雄氏は大雪山の永久凍土および構造土研究中、一九七三年十月寒さと疲労のため忠別岳で遭難殉職された。大雪山構造土研究史上、悲しきできごとである。大雪山の構造土は日本のみならず、諸外国の研究者の注目も引きつつあり、研究・調査もさらに豊富になることが予想される。

四、あとがき

以上、大雪山における構造土の調査・研究の概略を記したが、現在の研究段階は、われわれ研究者もようやく構造土の実態を現地で観察し終わり、諸外国における研究者とほぼ同じ水準でよりくわしい研究がはじめられるようになったといえよう。大雪山のみならず、日本各地での構造土研究は古き歴史をもつ欧・米・露の研究と比べ、特に独創的研究が行われている段階にはいたっていない。大雪山を汎世界的立場でながめ、その構造土現象を温帯北部の火山性域高山における気候地形学的立場でとらえるためには、他の広義の周氷河現象や氷河問題、生態学の問題、地質学の問題とともに平野部における広義の古周氷河問題と切りはなすことはできない。（北海道大学理学部地球物理学教室）

文 献

若生達夫 大雪山の構造土 一九五七 北海道学芸大学紀要(第二部) Vol. 八、No. 二、一三五—一三九
酒匂純俊・河内普平・藤木忠美・小林国夫・稻垣益次・千野光芳 トムラウシ山のみこ

- とな構造土をめぐる 一九五八 地球科学 No. 三六 p. 一〇四
- 中尾欣四郎 大雪山の構造土 一九五八 郷土の科学 No. 二〇 p. 一四一—一五
- 秋葉 力 大雪山の構造土 一九五八 郷土の科学 No. 二〇 p. 一五一—一六
- 土居繁雄・国府谷盛明・藤原哲夫・長谷川潔 北海道石狩国上川郡の地質 一九六一 a
北海道石狩国上川町役場・北海道地下資源調査所 三六 pp.
- 国府谷盛明 大雪山の生いたち 一九六一 b 上川町層雲峯観光協会 二四 pp.
- 国府谷盛明 大雪山地域の氷蝕地形 一九六三 北海道地下資源調査所報告 No. 三〇
p. 五—一五四
- 藤木忠美 構造土 一九六三 八林 V. No. 二二五 北海道林務部 p. 三三—三九
- 小崎 尚 大雪山火山群の構造土 一九六五 地理学評論 Vol. 三八, No. 三 p. 一七
九—一九九
- 国府谷盛明・松井公平・河内普平・小林武彦 「大雪山」 一九六六 五万分の一地質
図中説明書 北海道開発庁 四七 pp.
- 国府谷盛明・小林武彦・金詰祐・河内普平 「旭岳」 一九六八 五万分の一地質図中
説明書 北海道開発庁 五二 pp.
- 国府谷盛明・小林武彦 大雪山 一九七〇 地質ニュース No. 一九一 地質調査所
p. 二—一〇
- 藤木忠美・福田正己 構造土の成因論と評価 一九七〇 地理学評論 Vol. 四三, No. 七
(要旨) p. 四〇八—四〇九
- 藤木忠美 構造土の謎 一九七一 北の山脈 No. 二 北海道撮影社 p. 七〇—七二
- 鈴木郁夫・福田正己 構造土の成因論に関する若干の考察 一九七一 地理学評論 Vol.
四四, No. 一 p. 七二—七三九
- 高倉裕一 大雪山におけるハンモックの発達とその形成環境・形成時代 一九七二 a
第四紀研究 Vol. 一, No. 一 (要旨) p. 四一
- 高倉裕一 大雪山の Debris Islands 一九七二 b 地球科学 Vol. 二六, No. 三 (短
報) p. 一三四—一三五
- Okoro Kumio Recent Polygons in Daisetsu-zan National Park, Hokkaido 1973a
Sci. Rep. Tohoku Univ. 7th Ser. (Geography) Vol. 25, No. 1 p. 70—72
- 藤木忠美 大雪山の構造土 一九七三 b 大雪山(写真集) 石川俊夫(監) 北海道撮
影社 二〇八 pp. p. 一一九—一二一
- 石川俊夫・酒匂純俊・国府谷盛明 中央高地の地質 一九七三 c 大雪山(写真集) 石
川俊夫(監) 北海道撮影社 二〇八 pp. p. 一〇〇—一一三
- 福田正己・木下誠一 大雪山の永久凍土と気候環境 一九七四 第四紀研究 Vol. 二, No. 四 p. 一九二—二〇二
- 小崎 尚 凍結・融解作用がとくる微地形—日本の構造土— 一九七四 科学 Vol.
四四, No. 一一 p. 七〇八—七二二