

# 吾妻硫黄鉱山跡地における煙害と植生変化

大 黒 俊 哉\* ・ 武 内 和 彦\*  
今 川 俊 明\*\* ・ 高 岡 貞 夫\*\*\*

Vegetation Changes Caused by Smoke Damage in the Agatsuma Sulfur Mine,  
Gunma Prefecture, Central Japan

Toshiya OHKURO ・ Kazuhiko TAKEUCHI  
Toshiaki IMAGAWA ・ Sadao TAKAOKA

**摘要:** 吾妻硫黄鉱山跡地周辺で、地形・土壌・植生調査を行い、煙害による植生変化の過程を分析した。鉱山周辺ではヒメスゲ優占型とササ優占型の荒原植生が成立するが、激害地では侵食裸地が出現する。また、草津白根火山山頂の荒廃地と比較した結果、両者はほぼ同様の退行・進行過程を呈するが、侵食裸地の形成過程は大きく異なることが明らかになった。また分析結果をふまえて、荒廃地における保全・修復と開発の方向性が示唆された。

## 1. はじめに

わが国の山地・丘陵地には、多様な成因による荒廃景観が分布している。北上山地のシバ草地、足尾・松尾などの鉱山周辺の煙害による森林荒廃地、瀬戸内の花崗岩山地のハゲ山、活動火山帯の火山荒原、山火事跡地などである。最近では、地熱発電による植生破壊や、草地開発などにともなう侵食など、あらたな原因による荒廃景観の形成もみられる。荒廃景観は、現在の気候・生態環境とは不調和な「疑似乾燥～半乾燥景観」または「疑似寒冷景観」を呈することが多い。

このような荒廃景観の形成過程と年代、その維持と修復のプロセスを明らかにすることは、リゾート開発など、近年盛んになりつつある山地・丘陵地の開発にともなう環境変化を予測・評価する際に役立つばかりでなく、荒廃地における緑化対策の基礎資料としても有効である。

今回事例地域とした吾妻硫黄鉱山は、草津白根山山麓に点在する硫黄鉱山のひとつである。この周辺では鉱山操業にともなう森林の伐採と煙害の影響により、荒廃地が広がっている<sup>1)</sup>。一方、山頂(湯釜)周辺では火山活動によって、自然条件下で植生の発達が抑制され、広範囲に荒原植生がみられる。このように、同地域には人為起源と自然起源の両方に由来する荒廃地が出現し、両者は非常に似かよった景観を形成している。

筆者らは、これまで草津白根山の山頂付近に分布する荒原植生を事例に、火山活動が植生の構造・動態におよぼす影響を調査してきた<sup>4)</sup>。本稿では、鉱山跡地周辺での調査結果をもとに、同地域の植生変化を分析し、山頂周辺の荒原植生との比較を通じて、煙害によって生じた荒廃地の特性を明らかにする。

## 2. 調査地の概要

吾妻硫黄鉱山(群馬県吾妻郡嬬恋村)は、草津白根山の南西約4 km、標高1,400 m前後に位置する。この地域は、草津白根火山活動初期に流出したと考えられる太子火砕流面上に立地する。また、鉱山の背後には、数十万年前に、本白根山付近から南西～南に流下したものと考えられている米無溶岩流<sup>6)</sup>がせまる。溶岩流の周縁は急崖で限られるが、標高1,850～1,100 mにかけての表面は幅1～2 kmの緩やかな地形面を形成し、冬季はスキー場に利用されている。植生帯からみるとこの地域は、冷温帯落葉広葉樹林域の上部に位置する。

草津白根山一帯には硫黄鉱床・露頭が豊富にあり、大正～昭和期に入ると、多くの硫黄鉱山が開発された。吾妻鉱山もそのひとつで、明治41年に露頭が発見されて以来、昭和46年の閉山まで操業が続けられた<sup>5)</sup>。その結果、燃料としての樹木の伐採や、操業に伴う亜硫酸ガスの影響で、周辺地域には森林荒廃地が広がった。閉山後は、外縁部で本来の落葉広葉樹林へと回復が進んでいるが、中心部になお、荒原植生が残存する<sup>1)</sup>。

## 3. 調査方法および結果

### (1) 植物社会学的群落調査

まず、鉱山跡地を中心とする半径約500 mの範囲で、植物社会学的群落調査を行った。26ヶ所を調査した結果、組成的に4つの群落に区分された(表-1)。

鉱山の中心部に近い所は、ヒメスゲ、ススキなどの草本種中心の植生がみられる。荒廃が最も進行した部分は、コメススキ・クロマメノキ群落(A1)に区分した。また、リョウブなどの低木が優占する地域はリョウブ典型

\* 東京大学農学部緑地学研究室

\*\* 農林水産省農業環境技術研究所

\*\*\* 東京都立大学大学院理学研究科

群落(A2)に区分した。林床にササが優占し、A1・A2の区分種群が出現しなくなる所はクマイザサ・ミズナラ群落(A3)にまとめた。一方、マイヅルソウ・ミズナラ群落(A4)は、ミズナラが優占し、ハウチワカエデなどのブナクラス構成種で区分される。

白根山山麓に点在する鉾山跡地では、人為裸地周辺にササ草地が広がり、それをとり囲んで樹林域が分布する(図-1)。吾妻鉾山では、人為裸地はA1~A2に対応し、ササ群落はA3、樹林域はA4に対応する。

煙害の影響によって出現する植生は、鉾山の中心部周辺の人為裸地に連なる草本・低木群落と、ササ群落であると考えられる。そこで、これらの群落の構造・動態を詳細に把握するため、ベルトトランセクト調査を行った。

## (2) ササ群落におけるベルトトランセクト調査

一部に樹林を含むササ群落において、10×60mのベルトトランセクトを設定し、毎木調査と地形測量を行った。これらの調査資料からまず、地形断面に沿うプロファイルを作成した。つぎに、10×10mごとの胸高直径分布図を作成し、群落構造を比較した(図-2)。

0~30mにかけては、ササが1.0m前後の高さで優占する。ミズナラの大木が点在するが、後継稚樹はみられず、他の植物が侵入しにくいようだ。20~30m付近では小径木も多くなるが、シラカンバなどがほとんどである。

30m付近には、倒木やササの欠落した空所があり、カエデ類やチゴユリなどの草本も出現するようになる。また、リョウブ、ドウダンツツジなどもみられる。この付近から、直径分布も徐々にL型分布に近づく。ミズナラも大径木とともに小径木もみられるようになる。

40~60mではササの被度が減少する。それにつれてミ

表-1 吾妻鉾山現存植生常在度表

A1: コメスキークロメノキ群落					A2: リョウブ 典型群落				
A3: クマイザサ・ミズナラ群落					A4: マイヅルソウ・ミズナラ群落				
群落区分	A1	A2	A3	A4	随伴種				
調査区数	4	8	6	8					
群落区分種					シラカンバ	4	V	IV	II
クロメノキ	4				ズミ	3	V	III	II
ヤマハコ	4				ナカマツ	3	V	I	III
コメスキ	4	II			モミジイロ	3	II	I	II
ミヤマニンジン	2	IV		I	ヒメノガリヤス	2	+	I	II
タニクサ	3	II		I	ハビノネ	2	IV	I	II
カラマツ	3	II			コケモ	+	II	III	II
ミネナギ	4	II	I	I	ナギラン	+	+	II	
イタドリ	4	II	II		ダケカンバ	+	+	II	IV
シシタマ	3	III	+	+	アキノリソウ	+	II		II
クマイザサ			V	III	ウド	+	+	+	II
マイヅルソウ	+	+	V		マメザクラ	+	+	II	II
ネジキ		I	IV		ミヅハナツグ	2	+		
ヨウラクツツジ	+		IV		ハコヤナギ	+	II		
ムシカリ			IV		イワオトギリ	+	II		
ハナヅカエデ			III		ニシキクサ	+	II		
ウリハダカエデ			III		ヤマニガナ	+	II		
ユキザサ			III		アマガサ	(+)	+		
ショウジョウハカマ	+	+	II		イワカミ	+	+	+	
ゴッソ	+	II	II		シホコケ	II	IV	+	
アズキナ	II		IV		ツリハナ	+	+	I	
ヤマモミジ	+		II		ヤマウシ	II	III	IV	
ヒメスギ	4	V	V	V	レンゲツツジ	II	IV	V	
ミズナラ	3	V	V	V	ハナキリ	+		I	
リョウブ	3	V	IV	V	シモツケ		I	I	
ススキ	4	V	V	II	ヤマナシ	II	II		
					ヤマハナキ	I		II	
					オハハスノキ		II	+	
					ミヤマイト		II	II	

ズナラ、リョウブなどの木本性樹種も増加する。群落高は14~16mに達し、プロファイルからも、階層構造の発達が認められる。

## (3) 草本・低木群落におけるベルトトランセクト調査

つぎに、土壌侵食がすすむ荒廃裸地を中心に、幅20m・斜面長45m・平均傾斜16.5°の方形区を設定し、植生・地形・表層物質調査を行った。これらの結果をもとに、斜面の縦断面図、1/200地形概略図、樹冠・コロニー投影図を作成した。同時に、方形区内に発達する樋状(U状)のガリーを正確に図化した(図-3)。

調査区は全体的に浅い凹型斜面であり、斜面下方から5~10mと40~45m(以下、斜面の位置は下方からの距離で示す)に比較的平坦な部分が存在する。斜面形を中央の縦断面で詳細にみると、以下のように区分される。

- A: 38~45mの上部平坦面
- B: 28~38mの直線型斜面(34m付近に小崖を挟む)
- C: 10~28mの中部凹型斜面(28m地点の比高80cmの遷

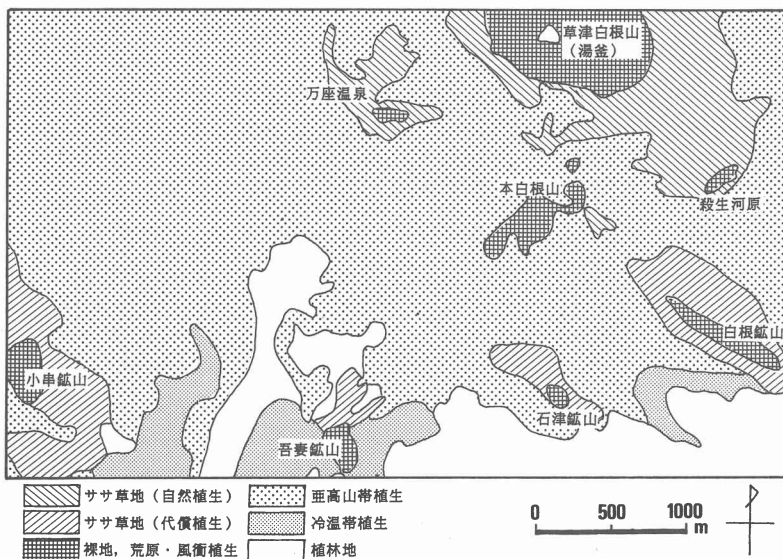


図-1 草津白根山周辺の硫黄鉾山と植生の分布  
(現存植生図: 群馬県・草津(環境庁, 1981)を一部改変)

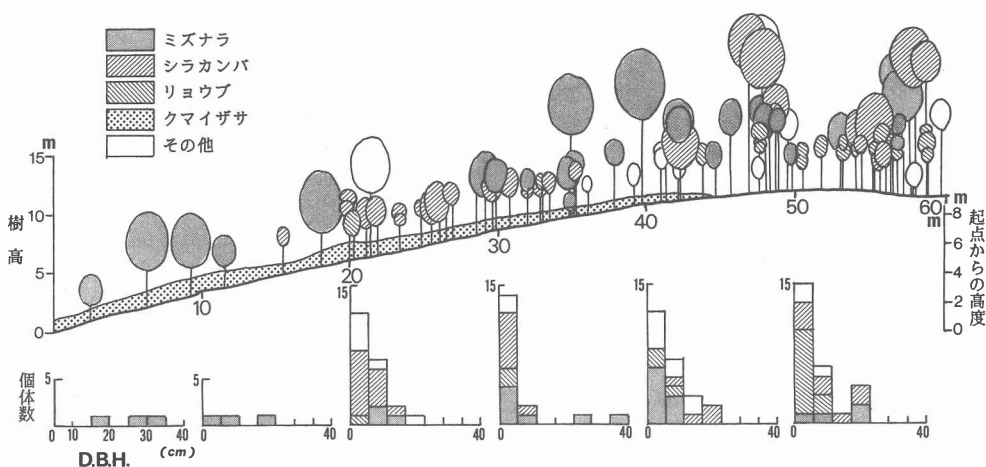


図-2 ササ群落のトランセクト (上: プロファイル, 下: 胸高直径分布図)

急点(ガリー頭部)でBと境)

D: 5~10mの下部平坦面

E: 0~5mの下部凹型斜面。

ガリーは方形区左端で、上部平坦面まで達し、やや屈曲しながら幅1~2mで斜面を下る。溶岩流の肩(30~35m)にあたるガリー底の一部に溶岩が露出する。方形区中央部には最大幅5mの明瞭なガリーが発達する。また、方形区下部にもガリーが形成されている。中央のガリーは高さ80cm(最大ガリー深)の壁をなすガリー頭部をもつが、ガリー底に溶岩が露出するほどではない。

表層物質はガリー頭部の壁を模式断面(図-3の柱状7)としてその特徴を記載する。

表層から10cm程は植物根を主体とした未分解の植物遺体と、ほぼ同じ厚さの茶褐色の砂質ロームが厚さ20cm程度の腐植層を覆う。その下方には30cm厚の茶褐色~暗褐色の粘土化した火山ローム(下部に軽石を含む)が堆積する。その下方には、5cm厚の褐色軽石層と2cm厚の灰褐色火山灰が存在する。この軽石はその層準と層相から、この地域に広く分布する熊石軽石の可能性が高い。この下方には軽石混じりの埋没腐植層が存在する。

この断面上の表層物質の変化は、以下のようである。

ガリー頭部より上方では埋没腐植層は観察できなかったが、ほぼ同じ構成の表層物質が観察された。これはこの部分がそれほど乱されていないことを示す。すなわち、過去に煙害で植生が破壊されたとしても表層物質を動かすほどのインパクトは加わらなかったと考えられる。そして、表層の茶褐色の砂質ロームがその当時形成された裸地から移動~堆積した物質と考えられる。一方、ガリー頭部より下方では柱状6で観察されたように、上部の腐植以上の層が完全に剝離されている。

また、それより下方では、柱状1を除き、表層に腐植層が残っている(腐植の一部は表面を流れた再堆積物と

考えられる)ことから、それほど激しい侵食を受けていないと推察される。すなわち、このガリーは煙害を受ける前から存在し、煙害を被った後は少なくとも柱状6より上部でガリー頭部の後退があったと推定される。なお、柱状1の表層の軽石混じりのローム層はガリー侵食の拡大に伴う再堆積であろう。

つぎに、ここでの種の分布範囲の特性をみる。土壌侵食を受けた裸地にはシッポゴケやススキがわずかにみられるだけで、植物はほとんど侵入していない。裸地を囲む部分では、ヒメスゲ、ススキなどが表面を覆い、クロマメノキなどの矮性低木も生育する。

木本性樹種は侵食裸地付近にはほとんどみられず、その周辺部に分布する。とくに、上部の侵食を受けていない部分にはミズナラの成木がみられ、また、斜面下部の再堆積部分には、リョウブなどの稚樹が生育している。

ガリーと種の分布の関係をみると、クロマメノキなどは裸地を囲むように分布している。また、侵食面上部ではササ群落と接しているのも特徴である。

#### 4. 考 察

##### (1) 煙害地における植生タイプとその動態

植物社会学的調査とトランセクト調査の結果を整理すると、煙害による植生タイプは以下のように区分できる。

煙害の影響を最も強く受けている所では、ヒメスゲ、ススキを中心とした草本性群落が成立し、矮性低木も団塊状に分布する(A1. ヒメスゲ~クロマメノキ型)。土壌侵食が起っていない所では、リョウブ、シラカンバなどが低木林を形成する(A2. ヒメスゲ~リョウブ型)。また、A2のなかには、ミズナラが優占する植分がある。これは、ヒメスゲ~リョウブ型のやや発達した段階と考えられる(ヒメスゲ~ミズナラ型)。

また、ササの分布域では、他の種はほとんど侵入でき

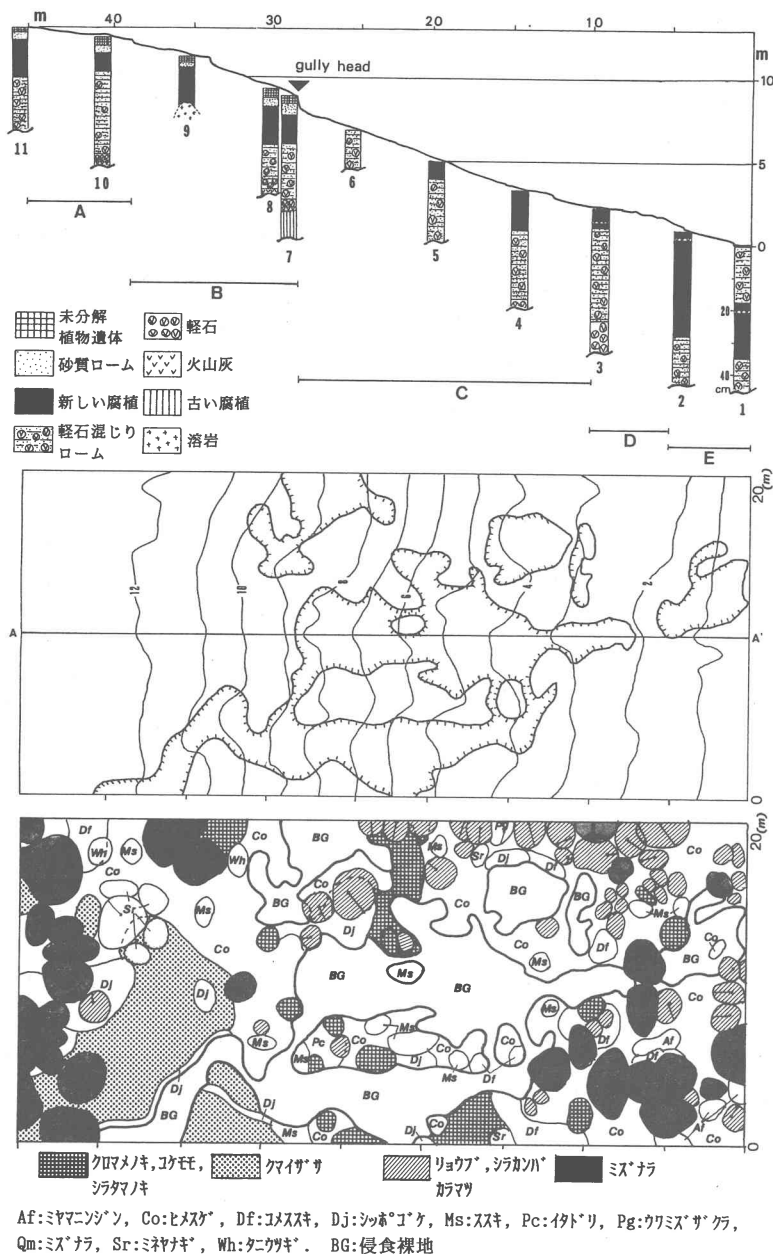


図-3 低木・草本群落のトランセクト (上: 地形・土壌断面図, 中: 地形の概略とガリーの分布, 下: 樹冠・コロニー投影図)

ず、植生の発達が抑えられている(ササ型)。

一方、被害をあまりうけていない所は、ブナクラスの構成種を含むミズナラの樹林(マイヅルソウ・ミズナラ群落)が成立する。この群落はササ群落のトランセクト上部でもみられた。金井・荒井(1976)<sup>1)</sup>は、無害地のミズナラ林ではササが林床を優占するとしている。しかし、本調査ではそのような林分は見いだせなかった。

そこで、空中写真判読により、ササと樹林域の分布を図化した(図-4)。使用写真は昭和50年撮影のもので、

現在の状況とは若干異なるが、林床はそれほど変化していない。跡地周辺の樹林域では、林床にササを含む植分と含まない植分がモザイク状に分布するのがわかる。植生回復のプロセスを考える場合には、ササ優占型とそうでない型の樹林を分けて考える必要がある。

分析の結果から同地域における植生の退行と回復の動態をまとめると、以下のようである。

まず、被害を最も著しく受けた場合は、植生がすべて削剥され、侵食が誘発されて、表層物質が流出する。ガリー内部にはほとんど植物がみられず、植生の回復は、長期間困難と考えられる。

しかし、裸地の周囲にはクロマメノキなどの矮性低木種や、ヒメスゲなどの草本種が、土壌侵食を抑えつつ生育している。とくに矮性低木は土壌保持能力が大きいため、侵食はそこでストップしていると考えられる。侵食をうけなかった所や、侵食によって斜面を移動した物質が再堆積した所では、リョウブ、シラカンパのような木本種が低木林を形成する。ところによってはミズナラも侵入するが、林床は依然としてヒメスゲ優占である。

一方、ササ草地は、裸地化したのちにササが新たに侵入してきたか、あるいはササ優占型の樹林の上層木が煙害によって破壊されてしまったために出現したか、のどちらかである。いずれにせよ、ここでは木本種の侵入が抑制され、ササ群落が長期間持続する。

上述の2つのタイプとも、今後は徐々にブナクラス構成種が侵入し、本来の植生に回復していくだろう。しかし、ヒメスゲ優占型では、すでに高木性樹種が侵入し、単層林に近い構造ながら、樹林の形態をとっているので、より速やかに安定相に向かうと思われる。

## (2) 自然荒地との比較

煙害荒地の北東約4kmにある草津白根山の山頂付近には、火山活動の影響で荒原植生が分布し、類似の景観を呈している。

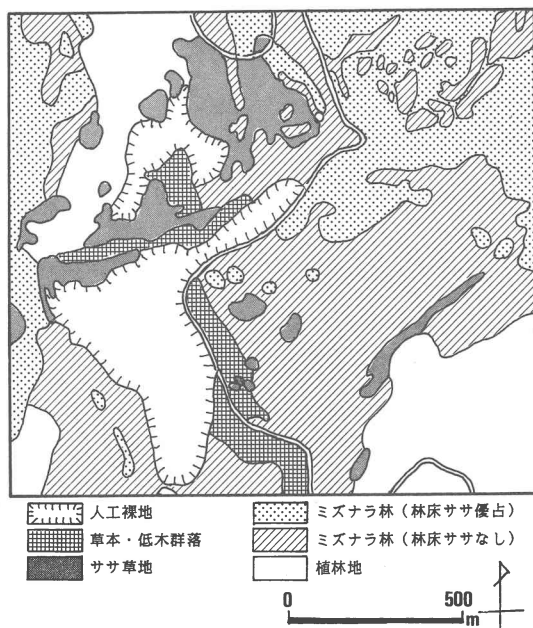


図-4 吾妻鉾山周辺の植生分布図

白根火山山頂では、火口を取り巻くように荒原植生が分布するが、火口からの距離を隔てるにしたがい、チシマザサ草原やシラビソ-オオシラビソ林のような、より発達した段階におきかわる植生配列がみられる<sup>4)</sup>。それと吾妻硫黄鉾山跡地は植生帯が異なっているので、出現する種に若干違いが認められるが、植生配列の規則性は、一見して非常に類似している。

そこで、人為起源による吾妻鉾山の荒廃地を自然起源である山頂付近の荒廃地と比較し、侵食活動を中心とする地表面の状態と植生の構造から、煙害によって生じた荒廃地の特性を明らかにした。

4. (1)で述べた植生タイプをその発達の程度にしたがって模式化し、それに大黒ほか (1989)<sup>4)</sup>山頂付近で行っ

た植生区分を対応させたのが、図-5である。

まず、侵食活動は両者ともI帯で明瞭だが、その様式はかなり異なる。山頂付近では活発な火山活動により現在も激しい侵食が続く、火山から供給された物質が面的に流出している。これに対し、鉾山では局地的にガリが発達し、侵食裸地がパッチ状に広がる。両者の侵食の差異をもたらすのは、攪乱の規模 (物理的強度、影響度) や頻度<sup>3)</sup>の違いと考えられる。

すなわち、山頂では大面積にわたって一斉に強度の攪乱を受けるために大規模な侵食が起こるが、鉾山での、伐採や煙害などの攪乱による荒廃地の拡大はそれよりも時間を要し、規模も小さいために、面的な侵食は起こりにくい。むしろ、鉾山の侵食過程は地形の起伏や、局地的な人為的インパクトの強弱などにより大きく左右されると考えられる。その結果、荒廃裸地は、モザイク状の不規則な分布を示す (図-3)。

こうした侵食形態の違いは、I帯での植被の分布パターンにも影響する。火山では植被が裸地上に塊状分布するが、鉾山では裸地を取り囲むように分布する。また、植生タイプの差異は土壌侵食の強度を規定すると考えられる。すなわちヒメスゲ型は、土壌保持力が高いササ型に比べて、侵食されやすいといえる。

つぎに、植生からみた特性を考察する。I帯の荒原植生には、クロマメノキはじめ、スノキ属の矮性低木が特徴的に出現する。これらは本来、高山帯 (ハイマツ-コケモモ群団域) に生育する種であるが、山頂付近では火山活動による、吾妻鉾山では鉾山操業によるインパクトがそれぞれ分布域の下降をもたらした。

これらの種は、荒廃化を示す指標として有効である。しかし、II帯付近になると、山頂付近ではこれらの矮性低木が高被度で分布するのに対し、鉾山ではほとんど出現しなくなる。鉾山がブナクラス域に位置しているので、コケモモトウヒクラス域の山頂部よりも早い時期に矮

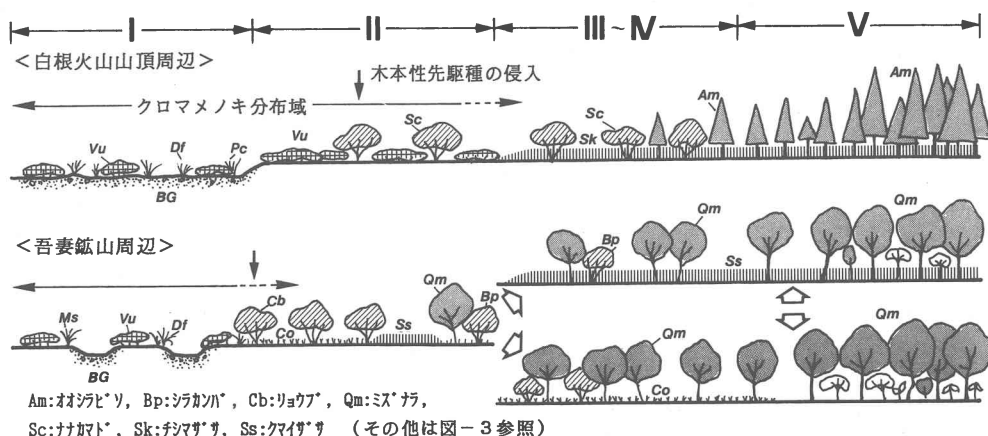


図-5 草津白根火山山頂周辺と吾妻鉾山周辺の植生分布模式図

性低木が消失してしまうと考えられる。

一方、Ⅱ～Ⅲ帯付近では、ナナカマドやリョウブなどの木本性先駆種が侵入する。この場合、鉾山の方がより高被度で分布している。その原因としては、鉾山操業というインパクトがすでに除去されており、木本種の侵入がより容易になっていることが考えられる。また、以前に土壤生成が行われていることもその一因だろう。

Ⅲ帯以降は、両者とも類似した発達段階を示す。すなわち、Ⅲ帯になると優占種が侵入し、その被度が徐々に増加して、安定相へと移行する(Ⅳ～Ⅴ帯)。

## 5. まとめ

吾妻硫黄鉾山は落葉広葉樹林帯、山頂周辺は針葉樹林帯に位置するが、これらの荒廃地はいずれも、自然状態では高山風衝地のような、本来より寒冷な気候下でみられる景観である。すなわち、両地域では、それぞれ自然的・人為的インパクトによって、類似の「疑似寒冷景観」が出現したといえる。また、植生の退行と進行もほぼ同様の過程を示すなど、共通点は多い。しかし、荒廃地を形成したインパクトの性質は全く異なっており、この差異が2つの荒廃地の特性を強く規定している。

とくに、インパクトの規模・頻度は、侵食裸地の形成過程に違いをもたらす。すなわち、山頂付近では火山の大噴火で大規模な面状の侵食が卓越するのに対し、鉾山周辺では煙害による裸地化の影響をうけて小規模なガリー侵食が顕著にみられる。その結果、鉾山の荒廃地では、侵食によって植生の回復が著しく抑制された部分と、植被によって土壤が保護され、植生の回復が進んでいる部分がモザイク状に分布する。後者はさらにヒメスゲ型とササ型に分けられる。ヒメスゲ型では土壤侵食が誘発される恐れがあるが、回復は比較的はやい。一方、ササ型では土壤の流出は抑えられるが、他の種の侵入が困難で、長期にわたってササ群落が持続する可能性が高い。

したがって、ここでの植生修復に際しては、侵食の程度や種の分布特性など、植生タイプごとの性質を考慮して、対策を講じる必要がある。

また、開発を行う場合にも同様のことがいえる。たとえばこの地域では、スキー場が各所に造成されており、煙害跡地以外にも人工草地や裸地が広がりつつある。そ

のため、造成時には、あらかじめ侵食防止を考慮した植生保全方策を考える必要がある<sup>2)</sup>。ここでは、地表をササが優占する状態に維持すれば土壤の流出をある程度抑制でき、スキー場としての利用が可能である。しかし、昨今のリゾート開発ブームともあいまって、近年のスキー場造成は、大規模な地形改変をともなうことが多い。その場合、ここでみられるスポット状の裸地が面的に拡大する恐れがある。一度裸地化が進むと、その回復は長期間困難である。山頂付近の火山荒廃地では、ササ草原から針葉樹林へは50年ほどで移行するが、裸地からの植生発達には、まず土壤生成から始まることもあって、それ以上の時間を要する<sup>4)</sup>。こうした場所での緑化修復は、土壤の復元を必要とするため、そのコストも膨大になる。

以上述べてきたように、荒廃地を修復・保全する場合は、人為的インパクトによる環境変化をあらかじめ予測・評価したうえで、不可逆的な植生退行を起こさぬよう、適正な方策を講じていく必要がある。

なお、本研究を進めるにあたり、文部省科学研究費(研究代表者: 東京都立大学教授・門村浩, 課題番号633 02068)を使用した。また現地調査に際しては、東京大学農学部井手久登教授ほかにも多大なご協力をいただいた。

## 参考文献

- 1) 金井春雄・荒井隆幸(1976): 煙害跡地における植生の変化と適地判定: 前橋宮林局林業技研集19, 13-15.
- 2) 中村 徹・石井秀樹・山田孝雄・雨宮礼一(1985): 新潟県長岡市宮スキー場の植生と土壤および今後の植生管理: 造園雑誌 48(5), 181-186.
- 3) 中静 透・山本進一(1987): 自然攪乱と森林群集の安定性: 日生態会誌 37, 19-30.
- 4) 大黒俊哉・武内和彦・井手久登・吉田直隆・今川俊明・梶浦一郎(1989): 草津白根山における森林破壊が野生果樹クロマメノキ自生地分布に及ぼす影響について: 造園雑誌 52(4), 245-254.
- 5) 下谷昌幸(1985): 白根火山: 上毛新聞社, 214 pp.
- 6) 宇都浩三・早川由起夫・荒巻重雄・小坂文予(1983): 火山地質図3, 草津白根山地質図: 地質調査所, 10 pp.

**Summary:** Around the Agatsuma sulfur mine in Gunma Prefecture, degraded landscapes caused by smoke damages have been formed. Landform, soils and vegetation and the vegetation changing processes are surveyed and analyzed.

Degraded plant communities of *Sasa* and *Carex* types are distributed in moderately damaged area, and patches of eroded bare grounds have been formed in heavily damaged area.

Degradation and restoration processes of degraded landscapes are similar to those of volcanic desert landscapes around the crater of Mt. Kusatsu-Sirane, but distribution patterns of degraded lands are quite different.

The result of analysis suggests that landscape conservation treatments based on ecological evaluation are needed to minimize the appearance of man-induced land and vegetation degradation.