

横手山鉱山跡地の植生回復

小山 泰弘*・尾関 雅章**

Vegetation recovery in Yokote-yama mine Ruins in Takayama Village,
Nagano Prefecture

1. はじめに

有用な鉱物を採掘する鉱山は、鉱物資源の確保に重要な役割を担う一方で、採掘に伴って発生する有害物質の影響で、河川水の汚染などの環境問題になることも多い。加えて、鉱山開発によって発生した残渣は通常の土壌とはその成分が大きく異なるため、健全な生育が出来ない可能性が高く、その後の植生遷移に重要な影響を及ぼす可能性があるが、その実態はあまり正確に把握されていない。

長野県内には40箇所以上の鉱山が開発されてきた(市川 2010) 歴史があるものの、現在はほとんどが閉山している。鉱山の閉鎖によって、鉱物資源の採掘はなくなるが、採掘時の残土が鉱滓として残されていることが多い。こうした鉱滓の多くは、通常の土壌とは成分が大きく異なるため、植生遷移がきわめて遅くなるなどの問題がある。特に、強酸性の土壌では、緑化が難しい(長野県林務部 2004) だけでなく、下流の河川水を汚染するなど重大な環境問題を引き起こすことがあり、早期の対策が求められることも多い。

今回、高標高地である亜高山帯に位置する強酸性土壌の鉱山跡地で、覆土緑化を行い、その後約20年が経過した場所での植生調査を実施することが出来たので、現状報告を行う。

2. 調査地の概要

1) 調査地の概要

調査対象となった横手山鉱山は、長野県上高井郡高山村を流れる松川の上流で、志賀高原南部の横手山の直下の横手沢を中心とした標高1,850m付近に位置している(図1)。当鉱山では、江戸時代に採掘されたとの記録はあるものの詳細は不明で、現在わかっているのは1932年から1957年の25年間にわたって硫黄の採掘が行われた。この時の、採掘時に発生した鉱滓が、横手沢の脇に積み上げられ、鉱滓堆積場として現在も残されている。

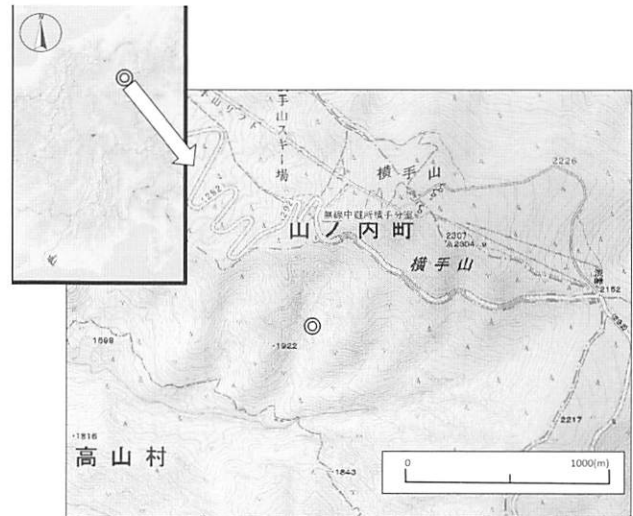


図1 調査地の位置



写真1 周辺植生の状況

当地を含む、須坂・上高井地域では、横手山鉱山をはじめとして、米子鉱山や小串鉱山などの硫黄鉱山が奈良時代から採掘されるなど(市川 2010)、鉱山開発が盛んに行われてきた。このため、須坂・上高井地域では、下流の河川水が酸性を呈し、地域の重要な環境問題となっていた。地域の重要な環境問題に対応するため、長野県では酸性水対策の一環として須坂・上高井地域において鉱山跡地の緑化を進めてきた経過があり、調査対象地である横手山鉱山跡地では、横手沢の脇にある鉱滓堆積場を対象として緑化を進めてきた。

横手山鉱山跡地の周辺は、ハクサンシャクナゲなどの灌木類やチマキザサが優占する中にコメツガやキタゴヨウ、ダケカンバなどが点在する亜高山性の森林が点在している(写真1)。林床を覆う低木林

* 小山泰弘 〒399-0728 長野県塩尻市峰原 185-89

** 尾関雅章 長野県環境保全研究所

の構成種は、チマキザサのほか、ナナカマドやハクサンシャクナゲ、ウラジロヨウラク、コケモモ、アカモノなどで、岩の近くではツガザクラが、尾根部や一時的に植生の欠落した場所ではミネヤナギが点在している。

2) 横手山鉱山における緑化対策

長野県が行ってきた横手山鉱山跡地の緑化は、閉山から 20 年以上が経過した 1981 年から 1996 年にかけて、鉱滓堆積場を覆うように草本種子を混播した覆土緑化とした。

鉱滓堆積場は、平坦面と横手沢に落ち込む斜面に分かれているが、それぞれで異なる工法が施された。平坦面では、鉱滓の上に覆土して均し、土壌や肥料、種子等を詰めた植生ネットを用いる「植生ネット工」が採用された。

一方の斜面では、法面に丸太の枠を設置し、この枠内に土壌や種子等を詰めた厚さ 13cm の土のうを敷き詰めた「土のう工」を行った。

さらに、平坦面の境界などでは、雨水の排水を速やかに行うため、丸太の枠で組んだ排水路「排水路工」が設置された。また、鉱滓堆積場に隣接する斜面の中で、植生が認められなかった場所では、丸太の枠だけが組まれた「丸太枠工」も設置された(写真2)。

3) 緑化工事後の経過

1996 年に緑化工事は完了したが、その後の経過を調べてその後の対策を講じるため、2003 年に覆土緑化地の植生管理方法を検討する「休廃止鉱山緑化維持研究会」が開催された。この際に、横手山鉱山跡地の緑化状況についても調査が行われ、緑化を行った鉱滓堆積場跡地では、「土のう工」の部分を中心に播種した草本類が生育し、土壌 PH の改善が認められたことが報告された(長野県商工部 2004)。鉱滓堆積場の表層土壌の PH が改善していたことを受けて、草本による緑化よりもより根系の発達する木本への緑化が必要であるとの見解が示された(長野県商工部 2003)が、亜高山帯という高標高地に位置している上、強酸性水の汚染源とされる鉱滓堆積場が基盤であることから環境条件の悪さが心配されている。

4) 試験植栽の実施

2003 年の研究会での提案を受け、研究会での意見を参考として長野県では高標高地でも植栽が可



写真2 鉱滓堆積場の様子

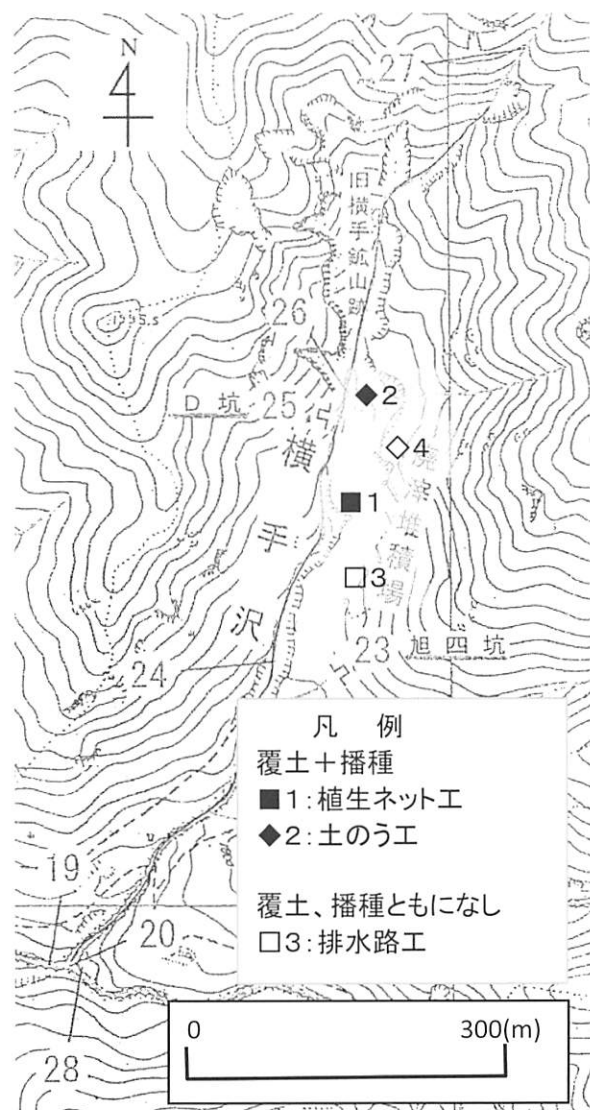


図2 調査地の概況

能で、苗木の手配が可能なカラマツ及びダケカンパ等の植栽を開始した。横手山鉱山では、2008 年、2011 年、2014 年の 3 回にわたって苗木の植栽が実施された。植栽は、現地が道路から離れている上に標高差があり危険を伴うことや、植栽による成長

が予測できなかったことから、試験的な意味合いとして毎回 50 本程度の植栽を行っている。

3. 調査方法

今回の調査は、横手山鉾山の鉾区を流れる横手沢の標高 1,850 m 付近に位置する鉾滓堆積場を対象とした(図 2 及び写真 2)。調査は、横手山鉾山跡地で覆土緑化を目的とした「植生ネット工」と「土のう工」のほか覆土緑化を行わなかったが、緑化工完了時には裸地であった「排水路工」と「丸太枠工」の 4 種類を対象とした。

それぞれの工事の区分ごとにランダムに 1 × 1m の方形枠を設定し、植物社会学的方法により、枠内で発生した植物を対象として、枠内の最大草丈と、全体での植被率を測定した後、出現した植物の種名、種ごとの植被率、種ごとの最大草丈を測定した。

調査枠数は工事の区分ごとに 3 枠以上として、同一工法間で生育状況に違いがあると考えられた場合は、枠数を増やした。なお、2003 年の調査で成績が悪いとされた「植生ネット工」については、出来るだけ様々な条件を含めることが出来るように、成績の良好な場所から悪い場所までを含めて、15 枠で行った。

調査地を選定する際には、植栽試験による影響を避けるため、試験的に木本の植栽を行った区域は調査地から外したが、2008 年と 2011 年に当地で行ってきた試験的な樹木植栽の状況についても、別途記載した。

4. 結果

1) 植生調査

今回調査を行った、工法別の植生調査結果は表 1 とおりである。なお、詳細な植生調査結果は付表に示した。調査地内には、木本植物も認められたが、これを含めた最大植生高は 100cm であったことから、発生していた高等植物はすべて草本層とした。なお、地表面にはコケが発達していたことから、コケ層の植被率についても参考までに測定した。

調査は、植生ネット工の 15 枠を含めて、4 種類合わせて 26 枠調査したが、高等植物が発生していない箇所は 1 枠にとどまった。高等植物の発生が見られなかった 1 枠もコケが生育していたことから、何らかの植物が生育していない完全な裸地は存在しなかった。

表 1 工法別の植生調査結果

	全体	植生ネット工	土のう工	排水路工	丸太枠工
調査枠数	26	15	4	4	3
平均出現種数	8.08	7.13	10.25	7.00	11.33
植生高 (cm)	100	90	100	90	70
草本層植被率	60.2%	52.0%	91.3%	60.0%	60.0%
コケ層植被率	37.4%	35.4%	15.1%	67.5%	20.0%

表 2 工法別の出現種数

	全体	植生ネット工	土のう工	排水路工	丸太枠工
播種由来	9	8	8	2	1
自然由来	33	12	9	16	16

枠内に出現した植物種数は、調査枠ごとに異なるが 0 ～ 12 種類と幅広く、平均して 8.1 種類だった。工法別の平均出現種数は、「丸太枠工」と「土のう工」で多く、「土のう工」と同様に覆土緑化を行った「植生ネット工」では少なかった。

植被率をみると、「土のう工」では平均して 90% を超える植物が繁茂し、植生で覆われていた。それ以外の工法でも 50% 以上は草本に覆われ、一定の植生回復効果はあると判断できた。

2003 年の調査において成績が不良であるとされていた(長野県商工部 2004)植生ネット工についても、植生が発生していなかったのは 15 枠のうち 1 枠にとどまり、植被率の高いところでは 80% に達していた。さらに草本層による被覆がされていない場所でも、コケが発達していることも多く、土壌がむき出しのままに現在に至っているところは、わずかだった。

次に、自然植生への移行を調べるため、発生した植物の種類ごとに播種由来のものと自然由来のものに区分して、表 2 にとりまとめた。なお、鉾滓堆積場を緑化した当時の資料を入手することはできなかったが、2003 年に行われた休廃止鉾山緑化維持研究会がまとめた報告書(長野県商工部 2004)の中に一定の記載があったことからこれを参考として、当時の林道工事などの緑化工において一般的に用いられてきた種子等の情報を勘案し、播種由来の植物を区分した。

今回の結果では、どの工法においても、播種由来と考えられる植物が認められるとともに、「植生ネット工」や「土のう工」のように、播種を行った工区においても、ヤマハハコやヒゲノガリヤスなど播種する種子には含まれない自然由来の植物を観察する

植被率 60.2%になるまで回復し、コケ層の植被率が 37.4%を占めていることを考えると、何らかの植被による緑化は完了していたが、木本の侵入は少なかった。

草本層の緑化に関しては、前回 2003 年に行った植生調査（長野県商工部 2004）に書かれた馬場及び山寺の報告書と比較すると、馬場が植物社会学的手法で調査した「土のう工」区では、コヌカグサやオオウシノケグサなどの播種由来の植生が中心だったものから、在来種であるヒゲノガリヤスやヤマハハコが侵入し、全体の植被率が 90%を超えるなど、徐々に自然植生への遷移が始まっている。一方、山寺が調査した「ネット工」区では、大半が裸地で PH が 2～3 という強酸性の部分が多く、植生の発達が貧弱であるとの指摘だったが、現在では植被率が 50%を越え、15 枠中 1 枠を除いて植生が認められるまでになった。

これらのことから、強酸性土壌の汚染源対策として、鉾滓堆積場跡地の表土を植生で覆い、表土の流亡を抑制するという当初の目標は、緑化工の施工終了から 7 年が経過した 2003 年時点では不十分な状況ではあったものの、それから 11 年が経過したことで目標が達成したと考えられた。

今回の調査では、吹きつけ種子起源と思われるオアワガエリやコヌカグサ等の寒冷地用の牧草やシロツメクサ、イタチハギなどのマメ科植物が植被率の面では優占しており、緑化工事完了から約 20 年が経過しても吹付由来の植物が優占する状況は変わらなかったが、周囲に点在しているイタドリやヤマハハコなどの高原性の植物が徐々に侵入しており、徐々に自然遷移が進んでいると思われる。

ただし、「土のう工」に比べて、「植生ネット工」において、裸地は広がっているにもかかわらず、自然由来の植物の植生高が低く、植被率も低かったことは課題が残る。

亜高山帯や高山帯等の高標高地の緑化では、凍結融解による土砂の移動量が非常に大きい（土田 1985）ことから、ネット被覆による緑化には植生回復の初期に効果があるが、植生が回復をはじめると効果が薄れる（土田 1999）との指摘がある。確かに、播種した植物にとっては、ネットの中で育つことができるという面で有利であるが、ネットの目が細かいと風散布などで飛んでくる在来植物の種子が定着しにくいことも考えられる。効果のほどは不明であるが、高山帯ではネットを切除する作業も行われた経緯がありこうした事例を参考にしながら、

今後の緑化対策を進める必要がある。

一方で、2003 年に提案された木本への遷移を目的とした木本の植栽については、樹形を偏倚させるほどの強い風の影響で、植栽木の成長が遅くなっていた。とはいえ、周辺の自然植生でも高木性木本が優占する群落になっているわけではなく、低木群落の中に高木性樹種が点在していることを考えると、植栽木の成長が悪いわけではなく、現地の環境条件の中でそれなりに育成しているとの判断もできる。

今回の調査で、凹んだ形となっている「排水路工」では、土のうによる土壌改良や播種を行っていない緑化の面からすれば劣悪な条件にもかかわらず、植被率が 60%と高く植生高も高かった。これは、「排水路工」が凹んだ地形にあるため風当たりが弱いことがプラスに働いていると思われ、当地で木本に遷移させるためには、風当たりを抑えながら、木本類の成長に期待して、時間をかけながら緑化を進めていくことが重要であると考えられた。

今回の施工地は、亜高山帯という木本を育てる環境として極めて厳しい条件であるだけでなく、強酸性土壌で、強風が吹き荒れるという極めて難しい条件であることから、長い時間をかけて丁寧な緑化を進めていくことが重要であると判断できた。

6. 謝辞

本調査は、横手鉾山跡地の植生回復事業を実施している長野県産業労働部ものづくり振興課の協力により実施したもので、調査を進めるにあたり、長野県関係各課所並びに、環境省志賀高原自然保護官事務所の協力を頂きましたことにこの場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- 市川正夫 (2010) 長野県の鉾山と鉾石、信毎書籍出版センター、198pp.
- 長野県林務部監修 (2004) 強酸化土壌地帯の緑化対策の基礎、長野県林業コンサルタント協会、46pp.
- 長野県商工部（休廃止鉾山緑化維持研究会）(2004) 休廃止鉾山緑化維持研究会報告書、60pp.
- 土田勝義著 (1985) 白馬の植物と植生、信濃毎日新聞社、268pp.
- 上田勝義 (1999) 北アルプス白馬岳における高山植生の復元、日本生態学会誌 49、321-328.

付表 植生調査結果

工区番号		1		2		3		4	
工事内容		植生ネット工		土のう工		排水路工		丸太枠工	
		草丈	被度	草丈	被度	草丈	被度	草丈	被度
全体植被率	草本層	90	52.0	100	91.3	90	60.0	70	60.0
	コケ層		35.4		15.1		67.5		20.0
	優占種	オオウシノケグサ		コヌカグサ		ヒゲノガリヤス		ダケカンバ	

	播種	草丈	被度	草丈	被度	草丈	被度	草丈	被度
吹付由来	○	90	41.8	100	105.1	80	15.2	70	0.1
自然由来		40	16.9	75	30.4	90	47.5	60	63.2
吹付割合		71%		78%		24%		0%	

種名(播種)	播種	草丈	被度	草丈	被度	草丈	被度	草丈	被度
コヌカグサ(レッドトップ)	○	65	13.7	80	48.8	33	0.1	0	0.0
オオウシノケグサ(CRF クリーピングレッドフェスク)	○	84	14.1	50	15.1	0	0.0	0	0.0
シロツメクサ(ホワイトクローバー)	○	15	3.7	20	8.0	0	0.0	0	0.0
ヨモギ	○	18	5.5	48	1.9	0	0.0	0	0.0
ナガハグサ(ケンタッキーブルーグラス)	○	45	2.1	15	5.0	0	0.0	0	0.0
イタドリ	○	35	0.4	100	25.3	80	15.1	70	0.1
クロバナエンジュ(イタチハギ)	○	25	2.0	36	0.8	0	0.0	0	0.0
カモガヤ(オーチャードグラス)	○	90	0.3	40	0.4	0	0.0	0	0.0
オオアワガエリ(チモシー)	○	0	0.0	70	0.1	0	0.0	0	0.0

種名(自然由来)	播種	草丈	被度	草丈	被度	草丈	被度	草丈	被度
ヤマハハコ		40	13.8	50	20.5	12	0.3	25	3.7
セイヨウタンポポ		15	0.1	8	0.2	0	0.0	0	0.0
ヒメスゲ		15	2.7	8	2.5	15	1.6	0	0.0
ネジバナ		25	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
ヒゲノガリヤス		0	0.0	75	5.0	90	43.8	60	1.8
アカモノ		0	0.0	0	0.0	5	0.1	8	5.1
アキノキリンソウ		0	0.0	25	0.1	33	0.1	6	0.3
ヒカゲノカズラ		3	0.0	0	0.0	7	0.1	8	0.1
イワカガミ		0	0.0	0	0.0	5	0.1	1	0.1
ダケカンバ		0	0.0	0	0.0	0	0.0	30	50.0
ナナカマド		6	0.0	0	0.0	0	0.0	13	0.4
ハクサンシャクナゲ		0	0.0	0	0.0	0	0.0	10	0.5
バコヤナギ		0	0.0	0	0.0	0	0.0	20	0.5
イワオトギリ		0	0.0	20	0.1	0	0.0	5	0.1
オヤマリンドウ		0	0.0	0	0.0	28	0.3	12	0.1
クサイ		22	0.1	30	0.1	0	0.0	0	0.0
クマイチゴ		0	0.0	0	0.0	0	0.0	5	0.1
コメススキ		0	0.0	0	0.0	36	0.3	30	0.3
シノブカグマ		0	0.0	0	0.0	10	0.1	0	0.0
セイヨウノコギリソウ		0	0.0	60	1.8	0	0.0	0	0.0
ニガナ		33	0.0	0	0.0	4	0.1	0	0.0
ヘビノネゴザ		0	0.0	0	0.0	0	0.0	7	0.1
オシダ		0	0.0	0	0.0	5	0.1	0	0.0
オランダミミナグサ		15	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
スギナ		0	0.0	0	0.0	22	0.1	0	0.0
スゲ属sp		4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
ススキ		0	0.0	55	0.3	0	0.0	0	0.0
ツマトリソウ		0	0.0	0	0.0	12	0.8	0	0.0
ツレサギソウ属sp		40	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
ノリウツギ		0	0.0	0	0.0	7	0.1	0	0.0
ミネヤナギ		0	0.0	0	0.0	0	0.0	7	0.1
ミヤマワラビ		0	0.0	0	0.0	15	0.1	0	0.0
ヤナギラン		20	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0