

## 51 足尾地区での植生回復に関する実態調査(第1報)

建設省土木研究所 ○山田 孝  
石川 労治  
矢島 重美  
国土防災技術(株) 小菅 駿多

### 1. はじめに

渡良瀬川上流の足尾地区では、1600年代初期に足尾銅山が開かれ、鉱木用材としての乱伐、度重なる山火事、製錬から生じる排煙中の有害ガス等によって山地の植生が広い面積にわたって消失し、荒廃化した。1956年(昭和31年)には排煙中の亜硫酸ガスを除去するために自熔精錬法が導入されるとともに、それ以後、砂防・治山事業が集中的に実施されてきたことによって近年、植生が徐々に回復しつつある。

植生回復のプロセスや、砂防・治山施設の効果ならびに鉱害で汚染された土壤が植生回復に及ぼす影響についてはいまだに未知な点が多く、足尾地区のように一度、鉱害等で荒廃化した山地における効果的かつ効率的な植生回復手法を確立する上で大きな課題となっている。本調査は、足尾地区の鉱害による荒廃地において1956年(昭和31年)以降の植生回復の実態を主体にして砂防・治山施設の効果、土壤特性と植生回復の関係を航空写真の判読、現地調査等によって調べたものである。

### 2. 調査方法

調査地区は足尾製錬所を中心に半径1.5km程度内の山地流域である(図-1)。足尾山地の荒廃の要因として、①製錬所から排出される亜硫酸ガス、②山火事、③乱伐、④銅山から吐き出される土砂および鉱滓が指摘されている<sup>1)</sup>。既往の文献<sup>1)</sup>によれば、今回の調査区域は主に①の要因によって壊滅的な植生被害を受けたところである。この区域を撮影した3時期の航空写真(昭和32年、昭和49年、平成元年撮影)を用いて植生の回復範囲を判読し、現地調査での確認も踏まえて以下の5段階に区分した植生回復分布図を作成した。なお、植生回復の被度、群度の判読については8時期の航空写真(昭和32年、昭和41年、昭和49年、昭和56年、昭和58年、昭和60年、昭和61年、平成元年撮影)を用いた。

①非常に良好な地域…密な森林が存在し、かつ林床には草本が進入していると思われる地域。また、煙害の被害をあまり受けておらず、

従来の植生状態が比較的残存していると考えられる地域。

②良好な地域…疎な森林が存在すると思われる地域。

③普通の地域…草本類が主体であり、地表面が完全に被覆されている地域。

④悪い地域…草本類が進入しているが、地表面の被覆率はそれほど高くない地域。

⑤裸地

次いで、斜面の傾斜区分、微地形区分、リル・ガリーの発達程度、砂防・治山施設の施工状況等を基に上記の5つの地域から砂防・治山施設が施工され、比較的同じような斜面条件(斜面勾配、斜面形状)を有し、かつ、斜面での土砂移動がそれほど頻繁に生じていない調査プロットを1箇所づつ選

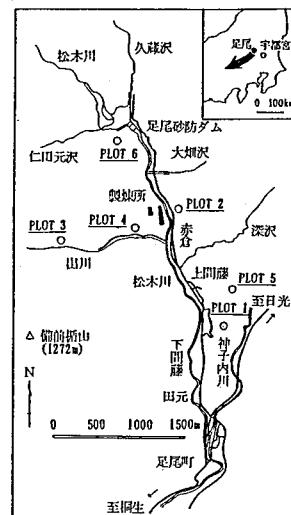


図-1 調査対象地

定した。また、比較の意味で砂防・治山施設がなされていない無施設の地区からも調査プロットを1箇所選定した。なお、これらの調査プロットは1956年の荒牧、沢本らの定性的な植生被害分布図<sup>1)</sup>によるといずれもBare land areaに属しており、鉱害の影響が最も大きかった地区に相当する。

このようにして選定した調査プロット内において植生調査を実施し、群落、被度、群度を調べるとともに、表層より30cm程度の深さの位置から土壤を採取してその化学成分を調べた。

### 3. 調査結果

#### 3.1 植生回復の状況

航空写真判読ならびに現地調査によって調べた植生回復の状況を図-2に示す。各植生回復区分ごとの地域の状況は次のようなである。①非常に良好な地域…松木川本川沿いの斜面下部であり、従来の植生状態が比較的残存している。また、銅山の製錬所から東西方向に500~1000m程離れた斜面尾根部にも多く分布している。②良好な地域…松木川本川および支川の出川、深沢の流域沿いの斜面下部に分布している。比較的早期に山腹工事が実施された崖錐堆積物地域に多い。③普通の地域…良好な地域の斜面上部に位置している。良好な地域よりも土壌が薄い地域に相当している。比較的最近実施された山腹工事である。④悪い地域…松木川本川右岸側の斜面および足尾砂防ダムの直下流左岸側の斜面に広く分布している。これらの地帯はいずれも露岩地帯である。草本類の進入が認められるが、その被覆率は低い。⑤裸地…松木川本川左岸の斜面の尾根付近に点在してみられる。支川の深沢上流域には比較的規模の大きい裸地が認められる。

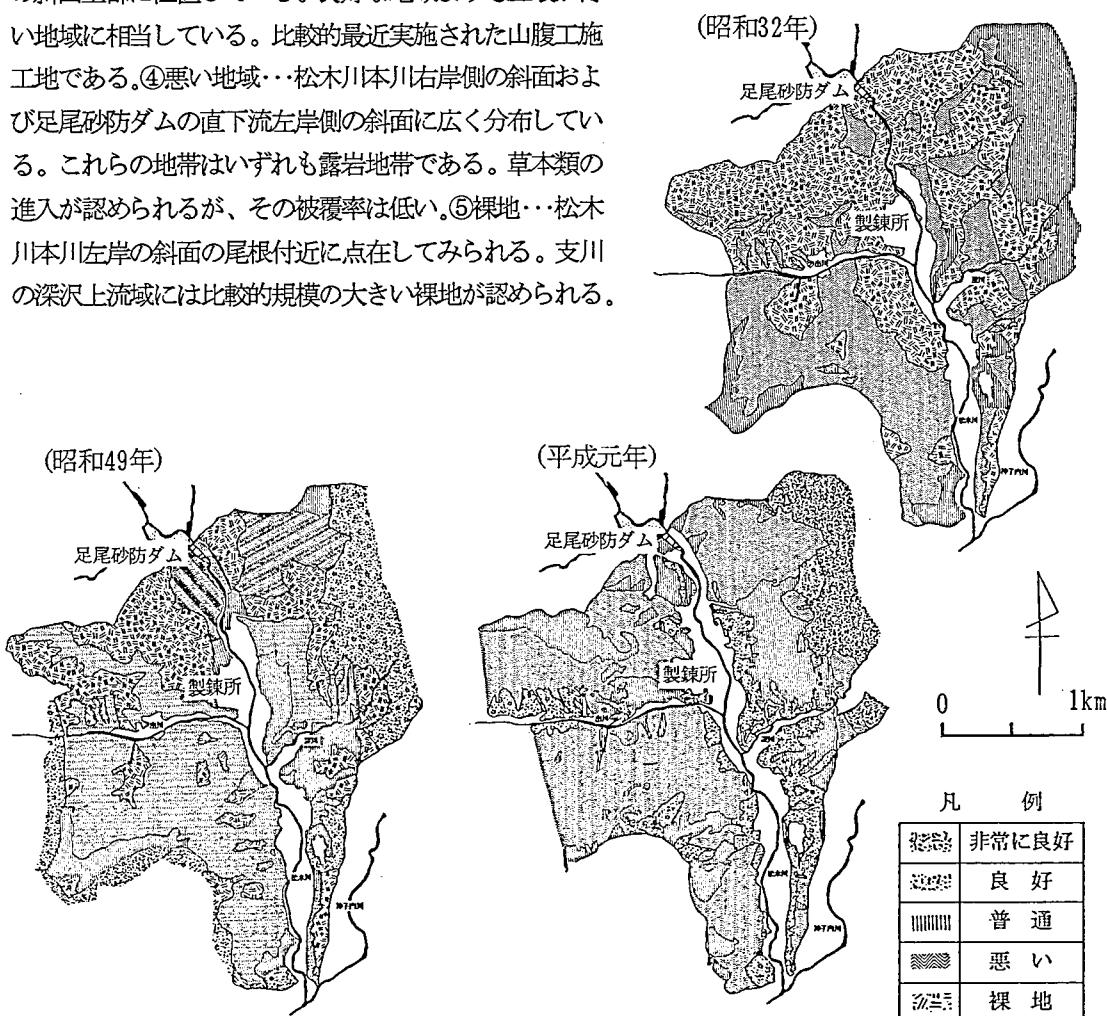


図-2 植生回復の推移

### 3.2 植生回復のプロセスと砂防・治山対策

図-3に1956年以降8時期の航空写真を用いて判読した各プロットにおける植生の被度・群度の変化と砂防・治山対策施設の施工経緯を示す。調査プロット-1では昭和58年以降の植生回復傾向が著しい。昭和50年から昭和58年までの9年間に施工された植栽工、施肥、改植、土留工が植生回復にどの程度効果を及ぼしたかについてはこの図からだけではわからないが現地での植生回復状況から判断すると昭和58年に実施したヤシャブシ、ヒノキからなる改植がかなり効果をあげているようである。調査プロット-2では、昭和50年から昭和58年に至る9年間において植生回復が著しい。この地区では昭和44年から54年までの11年間にわたって施肥、土留工、柵工、筋工が断続的に施工されてきたが、現地の状況から判断して、昭和45年ならびに昭和49年に実施した施肥が効果をあげているようである。プロット-3では、これまでの砂防・治山対策の施工実績が不明であるが、昭和49年以降リヨウブを植栽したという記録があり、その影響が大きいものと推察される。プロット-4では、昭和50年以降の植生回復の傾向は昭和51年～昭和52年に実施されてきた改植、混植、施肥の効果が大きいものと思われる。プロット-5では、航空実播工以外はとくに砂防・治山対策がなされていない。昭和50年から昭和58年に至るまでに若干草本が自然回復しているが、航空実播工施工後2～3年は被度・群度ともほとんど変化していない。

調査プロット-1を除く2, 3, 4, 5はいずれも1956年(昭和31年)当時は煙害によって荒廃した全くの裸地であった。プロット-5の植生回復状況から判断して足尾地区では何も対策を講じない場合、斜面の土砂移動がそれほど頻繁に起きていなくても少なくとも20年程度は木本が自然回復しないケースがあることがわかる。ただし、プロット-2, 4で得られた結果から、施肥や土留工、植栽等の足尾地方でなされてきた従来の砂防・治山対策を実施すれば15年程度で植生の被度・群度が3あるいは4程度まで回復する可能性があることががうかがえる。

### 3.3 土壌の化学性が植生回復に及ぼした影響

表-1に各々の調査プロットで採取した土壤の化学分析結果を示す。各プロットにおける各々の化学成分含有量の違いは全体的にそれほど認められず、比較的同じような土壤の化学性を示している。pHについては、4.0～4.8程度の酸性であることがわかるが、これまでの研

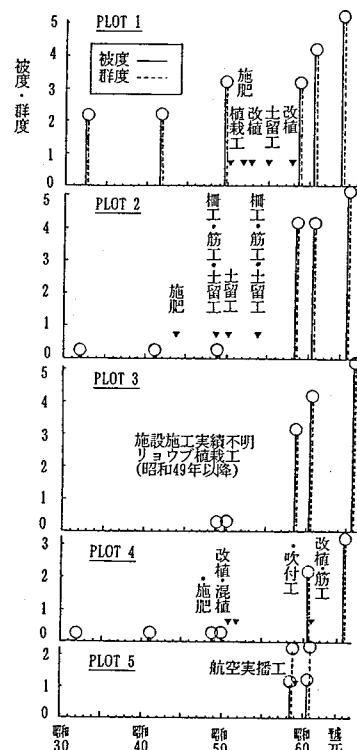


図-3 植生回復のプロセスと  
砂防・治山対策施設の施工経緯

表-1 土壤分析結果表

資料名	単位	プロット					
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Pt(H <sub>2</sub> O)	%	4.50	4.80	4.50	4.20	4.00	4.40
有機態炭素	%	4.20	2.00	0.70	2.40	4.80	0.20
全窒素	mg/100g	0.14	0.02	0.02	0.04	0.05	0.01
有効リン(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	mg/100g	2.00	4.00	1.30	16.8	7.90	5.50
リモネ吸收係数	mg/100g	2260	1070	1080	750	1430	440
カリウム	mg/100g	0.29	0.35	0.22	0.30	0.32	0.33
カルシウム	mg/100g	0.03	0.03	0.01	0.05	0.10	0.02
マグネシウム	mg/100g	0.08	0.07	0.04	0.07	0.12	0.06
ナトリウム	mg/100g	0.06	0.02	0.03	0.04	0.07	0.76
可溶性アモニウム	mg/100g	3.03	1.18	1.19	0.97	1.47	0.40
溶出銅	mg/g	0.16	/	/	0.09	0.08	/
含有銅	mg/kg	470	211	49	149	1240	98
含有鉄	mg/kg	/	/	/	/	1.00	/

究<sup>2)</sup>によるとこの程度のpH値であれば樹木の生育に特に支障をきたすことはないようである。全窒素については、0.07%以下であると生育不良になる傾向が報告されており<sup>2)</sup>これによれば、プロット-1を除く他のプロットは全て全窒素の量が不足していることになる。特に裸地であるプロット-6では全窒素の量が0.01以下と極めて低い値を示している。有効リン酸においても10mg/100gf以下であると生育に支障が出てくるようであり<sup>2)</sup>、今回の調査プロットで採取した土壌のそれは、かなり低めの値となっている。さらに、K, Caの含有量も植生が正常に生育するための必要な量と比較するといずれのプロットもかなり低い値になっている。また、銅、アルミニウム、カドミウムの含有量については検出できた試料のデータで見る限り、一般山地のそれと比べて大きめのようである。特に、プロット-5では銅が大量に存在し、この区域での木本の自然回復の遅延をもたらした一つの要因ではないかと思われる。

次に昭和48年に今回の各々のプロットに近いところで測定されたpH、有機炭素、全銅、カドミウムの含有量の値<sup>3)</sup>を用いて土壌の化学性の変化を示すと表-2のようになる。pHは、昭和48年の時点と比較すると、若干、上昇している傾向にある。カドミウムは昭和48年当時と比較して1/3の濃度まで減少しており、現在の植生回復状況から判断するとその影響は小さくなっているものと思われる。

土壌の化学成分が植生回復に対してどの程度の影響を及ぼしたのかについて、各々の成分ごとの評価は非常に困難であるが土壌の化学成分全体としてみれば、全窒素、有効リン酸、K, Ca等の含有量が一般山地の土壌に比べて低めであること、排煙中の銅やカドミウム等の重金属がかなりの程度で土壌に沈着していたこと等が1956年(昭和31年)以降における植生の自然回復を遅延させた一つの要因であるように思われる。ただし、現在の植生回復状況から判断して30年ほど経過すれば、過去に汚染された土壌の化学性が変化して、それほど植物の成長に影響しなくなることが推測される。

#### 4. おわりに

今回の調査プロットは砂防・治山施設が施工され、かつ、同じような斜面条件であり、土砂の移動もそれほど活発でないところを対象としたため、植生回復の場の条件をかなり限定している。そのため、得られた結果も、足尾地区での植生回復の実態ならびに特性を全て表現しえるものではない。今後は、プロットの数を増やし、斜面条件と植生回復の関係、土砂移動と植生回復の関係等を調べていく必要がある。また、鉱害汚染された特殊な土壤条件下での山腹工技術を確立していくことも重要課題である。

#### 参考文献

- 1) 鈴木丙馬(1966)；足尾鉱煙害裸地の復旧治山造林に関する基礎的研究第1報
- 2) 輿水(1981)；自然環境アセスメント指針
- 3) 栃木県林務観光部(1977)；足尾町治山緑化工基礎調査報告書

表-2 土壌の化学性の推移

項目	プロット	昭和48年	平成2年
pH	1	4.24	4.50
	2	4.37	4.80
	3	4.38	4.50
	5	4.10	4.00
有機炭素 (%)	1	3.58	4.20
	2	5.19	2.00
	3	2.62	0.70
	5	3.47	4.86
全銅 (ppm)	1	752	470
	2	1376	211
	3	656	49
	5	759	1240
カドミウム(ppm)	5	3.00	1.00