

東京都玉川上水の水路法面崩落と樹木管理に関する研究

A Study on slope failure and vegetation management of Tamagawa-Jyousui

佐藤 力*, 大塚 生美**, 趙 賢一*, 小泉 武栄***

Riki SATO*, Ikumi OHTUKA*, **, Ken-ichi CHO*, Takeei KOIZUMI***

要旨 都市における身近で連續した緑の生育基盤であり、貴重な歴史的土木遺産でもある玉川上水の素堀りの水路法面は、崩落が進み、水路としての機能や文化財としての価値が低下することが懸念されていた。本研究は、この法面崩落の基本的要因が「霜柱」、「降水」、「風」、「日照」、「地形」であるということと、法面や平坦部に生育する樹木が崩落の進行を早めるという作用が起きていることを解明した。これにより、水路法面を今後維持していく上での樹木管理の方針として、法面部分に生育する樹木の生育状態により伐採の優先順位を示した。なお、実際の管理では、地域住民の意見を反映して総合的に判断することが重要である。

キーワード 玉川上水、歴史的遺構、法面崩落、非対称谷、関東ローム、樹木管理

abstract Tamagawa-jyousui, as a series of growing basis of familiar green in the urban area, also as a precious historical heritage, has been concerned that the slope failure cause the declining of the function as the water way and cultural resource.

In this study, we have clarified that there are three fundamental factors of slope failure; they are “frost column”, “precipitation”, “wind”, “daylight” and “landform”. We also identified that the trees on the slope or those close to it, proceeding the behavior.

Accordingly, as the tree management policy to keep these slopes, we show the tree cutting priority in view of tree vitality.

We found the problem that in managing practically, comprehensive decision should be made with the residents of the local community.

Keyword Tamagawa-Jyosui, remains, slope failure, asymmetricvalley, Kanto laom, vegetation management

はじめに

1654年(承応3)に竣工された玉川上水は、都市化にともない、身近な緑としての価値や都心まで連なる緑としての価値が高まっている。このような中、これらの価値を将来にわたり保全していくことを目的として、1999年東京都自然の保護と回復に関する条例にもとづき「歴史環境保全地域」に指定された。指定に先立ち、指定要件となる歴史環境保全地域の適正な管理を推進することを目的として、玉川上水の動植物の生息生育地としての特性に配慮した植生管理手法の検討がなされた¹⁾。そこでは、植物の生育基盤となり、文化財としての価値を持つ水路法面の崩落の進行が植生管理指針作成上の課題となつて示された。玉川上水の法面形状に関しては、東京都教育委員会において法面崩落の現況調査がなされていた²⁾が、法面崩落の原因や樹木との関係、さらに法面崩落の防止策については検討課題として残されていた。なお、上水利

用当時は、法面の大部分は管理された草地であった。

そこで本研究は、法面崩落の基本的要因を明らかにするとともに、樹木管理を行う上での樹木と法面崩落との関係を検討した。今日、親水空間や水辺のいきものの価値は、多くの人々の共感を得るところである。一方、上水のような歴史的土木遺産の保護には、樹木の生育が障害になる場合もある。本研究は緑と歴史的土木遺産が共存して行くための基礎資料としての意義を併せ持つと考える。

1. 調査方法

東京都羽村市から新宿区の43kmにおよぶ玉川上水は大部分が台地部に位置し、関東ロームを掘り込んだ素堀の用水路であったが、現在水道原水導水路として使用している上流部(小平監視所まで)は構造物によって護岸がなされている。そのため、本調査は素堀りの水路が残る中流部(小平監視所より下流)から下流部の開渠部を対象とした。

データ採取に先立ち、対象となる区間の水路内を踏査し、

* 株式会社 愛植物設計事務所

** 筑波大学大学院農学研究科

*** 東京学芸大学教授 (自然地理学・山の自然科学)

水路形態、水路法面の崩落状況、水路内における樹木生育位置などを確認し(図1、写真1,2)、水路形態と樹木の生育状況の違いを特徴づけ、また地域的な広がりを考慮して、調査地点として5地点を選定した。

5地点では、水路断面形状をトランシット測量により図化し、水路断面を作成した。さらに樹木の生育状況と法面崩落との関係を明らかにする上で、毎木調査、根系の露出状況の観察、林床植生の調査を行った。

法面の後退量は、本調査用に水路側壁に打ち込んだ金属棒の露出状況について、右岸、左岸それぞれの壁面の後退量を1ヶ月ごとに計測を行った。

また5地点のうち、水路形態の典型的な2地点については、微気象及び崩落土量の計測を行った。計測方法として微気象は、右岸、左岸に測定器を設置し、表層の土壤温度、水分量及び水路内気温を1時間おきに計測した。崩落土量は、箱形のトラップを両岸に設置し1ヶ月おきに計測した。調査期間は1999年2月から2000年3月である。

2. 法面の崩落形態と樹木生育の現況

1) 水路形態

水路形態は大きくA、B、Cの3タイプに区分できる(図1)。Aタイプは法面が切り立った状態で、左岸で特徴的にみられ、Bタイプは法肩がオーバーハングし、その下は切り立った直壁となり、中下部では傾斜している状態で右岸に多くみられ、Cタイプは全体に傾斜しており、水路の深い下流部でみられた。

2) 法面崩落形態

法面崩落形態は、これも主に3タイプ(写真1)に区分された。一つは「垂直剥離」で、先に示したAタイプに特徴的で、切り立った左岸の直壁にみられる。二つめは、「深い表層崩落」で、同じくBタイプに特徴的で、法肩部分をえぐり取ったような形状となり、右岸で多くみられた。三つめは、「浅い表層

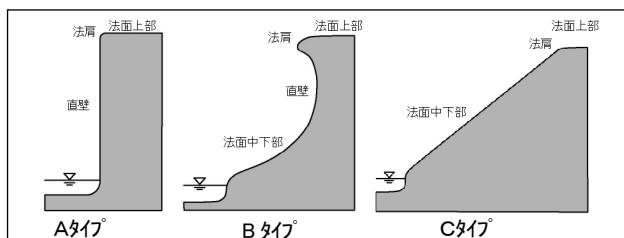


図1 水路形態タイプと各部位の名称



写真1 法面の崩落形態

崩落」でこれは全体的によくみられた。

3) 樹木の生育状況

法面の樹木の生育状況としては、樹種と生育立地や主幹の傾斜度に関係性が認められた(図2)。樹種別にみると、イヌシデ、エゴノキは、Bタイプの法肩やAタイプの直壁など不安定な立地に多く見られ、主幹は大きく傾いているものが多い(写真2)。ケヤキ、エノキは法面や法肩など比較的の広い範囲にみられたが、Aタイプの法肩など不安定な立地のものでも主幹の傾きは小さく、法肩に密着するように生育していた(写真2)。コナラやクヌギは法面上部などの安定した立地に、ヒノキやサクラ類は平坦部や緑道など法面に影響の少ない場所に多く生育していた。

3. 法面崩落の基本的要因

図3は1m幅における1ヶ月ごとの崩落量を示したものである。崩落量の多い時期は、①6月下旬～8月下旬(崩落量:右岸1,200～2,000g、左岸80～200g)、②2月下旬～5月下旬(右岸1,200～1,600g、左岸60～200g)、③12月下旬～2月下旬(右岸800g、左岸70～400g)である。この時期と、調査方法に示した種々の計測結果より、①は降水量(図4)、②は主に風(図4)、③は霜柱との関係が強く表れた。

霜柱に着目した理由として、水路内における冬期の気温、

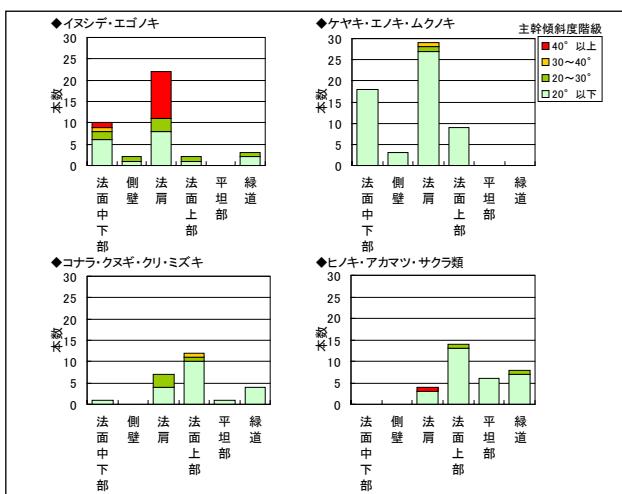


図2 主要樹木の生育立地と主幹傾斜度別生育本数



写真2 樹木の生育位置と特徴的な樹種

土壤温度を見る(図5)と、気温が0°C以下を記録するのに対し、右左岸ともに地中3cmの土壤温度は0°C以下を記録していないことから、気温が下がっても凍土になりにくく、霜柱が立つ条件がそろっていたこと、さらに、右岸は左岸に比べて温度が低く、かつ日較差も少なく、実際に右岸では広い範囲にわたって霜柱が見られたことによる。また、法面の方位によって日射の受け方が違うことから異なる法面環境が形成されていることが示唆された。

以上のことから、水路形態に影響を及ぼす法面の崩落は、関東ローム層の性質³⁾を基本的要因として、植物の有無にかかわらず水路形態は後退過程にあるものと考えられる。

崩落の作用は、玉川上水が主に東京都を東西に貫いていることから、冬期は日射によって右・左岸で環境が著しく異なり、右岸(北向)は日陰で低温となり湿度が保たれ霜崩れし易い環境になる。このため、冬から早春に、霜柱の影響を受けて右岸に顕著に起き、右岸は傾斜を緩やかにする形で後退する。一方、左岸(南向)は日向で温度も上がることから土壤は乾燥気味になり霜柱が形成されにくい環境になる。このため、左岸は切り立ったまま後退するといえる。

また、右岸は湿度が保たれることで木本類の侵入も容易になり法面下部まで生育するようになる。一方、左岸は土壤

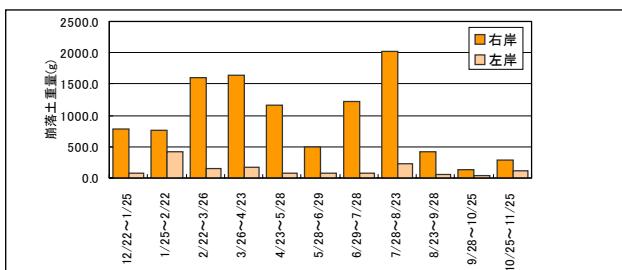


図3 法面の崩落土量

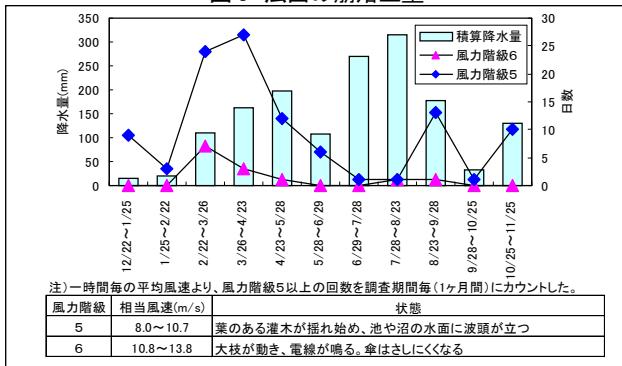


図4 降水量と強風発生日数

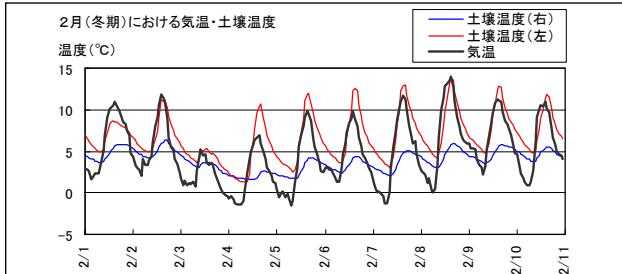


図5 冬期における水路内の気温・土壤温度

の乾燥で木本類の侵入定着を阻害する要因となる。

4. 法面崩落と樹木の関係

法面崩落の基本的要因は、先に示したように植物の有無に関わらず進行すると考えられるが、植物の生育は崩落を助長する作用を持つとみられる。法面崩落を助長しているものとして、①根茎の露出による負荷、②樹木の高さや太さによる負荷がみられた。さらに、右岸と左岸によって、崩落助長のメカニズムの違いが見られた。

1) 根系による負荷

左岸の切り立った壁面において比較的新しい崩落が見られる場所では、樹木の根系が露出していることが多い(写真3)。樹木が法面部に近い場所に生育している場合に、根が深く入り、生長し太くなることにより壁面に割れ目をつくり壁面の剥離を進行させている。大きな負荷を与えているものとして、ケヤキ・イヌシデなど法肩から法尻にかけて生育量の多い樹種の根茎の影響が大きい。つまり、樹種の立地選考性ともいえる生育特性との関係が強いといえよう。

2) 樹木の高さや太さによる負荷

玉川上水中流域には、送電線があるため樹林上部を定期的に伐採するといった管理が行われ、周囲よりも高さが抑えられ、幹周も比較的細い場所がある。この伐採されている区間の水路幅は、その区間の上流部や下流部といった周辺に比べ狭い。周辺の水路形態と伐採されている区間は水路



写真3 崩落箇所と根系露出の事例



●大高木の樹林における側壁後退状況

切り立った直壁面が後退し、法面下部の傾斜した面の割合が比較的大きい。

下の写真に比べ、直壁面の後退が大きいことがわかる。



●高さが抑えられた樹林における側壁後退状況

切り立った直壁面が上の写真に比べ、手前に位置する。また、法面下部の傾斜した面が小さい。

上の写真に比べ、直壁面の後退が少ないことがわかる。

写真4 異なる樹林による側壁後退状況の違い

形態と樹種構成が同様であることから、周辺に比べて崩落の進行が遅いといえ(写真4)、一定以上の蓄積量をもつ樹林は、崩落の進行を早めるといえよう。

3) 法面崩落と樹木の右岸・左岸別特徴

右岸と左岸の法面に生育する樹木の生育位置に着目すると、左岸の水路形態の特徴は、図1のAタイプに示したように、直壁面のまま少しづつ後退するため、根茎が直壁面にそって露出するのが特徴であった。一方、右岸の水路形態の特徴は、図1のBタイプに示したように霜柱により法面の中下部の後退が早いことから、根茎が法肩の下で露出し、法肩部分を巻き込むように生育する樹木が多い(写真5)。この法面の形状を反映して、左岸は主に法面上部に生育するのに対して、右岸は法面全体に植物の生育がみられた。

次に、法面に生育している樹木の滑落状況にうつれば、右岸では法肩部分をえぐり取られるように大きく崩落するのが特徴であり、左岸では直壁面を大きく剥離するように崩落を起こしているものが多い(写真5)。これらからは、右左岸の法面崩落スピードの違いにより、樹木の生育位置に差異が生じるものと推測でき、法面崩落はまず先に示した基本的要因が先行して現象化し、それを樹木が助長するといった構図が裏づけられる。

以上をまとめると、法面部に近い場所を好んで生育する樹種の生長は崩落の進行を早めることから、樹種別の樹木管理計画が立案できることがわかった。また、その作用は右岸、左岸で異なり、右岸は法面部の崩落スピードが早く、法肩に生育している樹木の根が浮き、それが倒れることにより法肩部がえぐり取られるように大きく崩落するのに対し、左



写真5 樹木生育位置と崩落形態の関係

岸は右岸に比べ崩落スピードが遅いため、直壁部にも樹木が生育できる基盤が与えられるが、生長とともに倒木の危険性を増大させ、根の緊迫力が自重を支えられなくなった瞬間に倒木が起り、直壁部が大きく剥離し、法面を一気に後退させるするといふことがいえる。

5. 法面崩落と樹木管理

法面崩落は水路の基盤となっている関東ロームの性質に規定され、左岸に比べ右岸の崩落が早い。そして樹木の存在のあり様がその進行を早めるという作用が起きていることがわかった。そのため、まず法面への負荷が大きい樹木の伐採により、負荷を軽減するといったことが法面崩落を緩和する手立となる。一方で、今日的緑地の価値として評価される生態系や景観へ与える影響も大きい。このため、樹木による負荷の軽減として、表1に示すように伐採の対象と伐採方法を基本と考えることができる。なお、かつて玉川上水の水位は、法肩近くまであったことから、今回明らかになったような雨、風、霜柱の影響範囲は少なかったと考えられる。

おわりに

本研究は、法面崩落の基本的な要因及び樹木との関係を解明し、玉川上水の水路法面を今後維持していく上での樹木管理の方針を提案することができた。しかし、景観や動植物の生息生育状況など様々な状況により、画一的に水路法面に影響する範囲にある樹木を除去することは困難であるため、樹木の除去に際しては、動植物や景観等を考慮し、関係機関及び近隣住民等の意向を確認の上、総合的に判断するしくみづくりが課題である。

表1 法面崩落が予想される場所における伐採樹木の優先順位

伐採判断区分	対象となる樹木と伐採方法
1	枯損木及び生育不良木の除去
2	法面にぶら下がる等、明らかに崩落を促進させている樹木の伐採(主に右岸のイヌシデ、エゴノキを対象)
3	明らかな崩落促進との関係は現在認められないが、法面やそれに近い場所に生育しており、将来的に影響を与える樹木の間伐(主にケヤキやエノキに多い)。なお、間伐とともに、法面への影響を軽減するため、若齢木の状態で定期的に更新あるいは剪定する

謝辞: 本研究を進めるにあたり、多大なるご支援を頂いた東京都の関係者に厚く御礼申し上げます。

補注

- 1 東京都環境保全局自然保護部(1999)玉川上水緑の保全計画検討委託(第2期)報告書.334pp.
- 2 東京都教育委員会(1995)玉川上水現況調査報告書.86pp.
- 3 関東ロームは一般的に、風化や破壊を受けていない自然地盤では相当の強度を持っており、ほぼ安定したものと考えられている(土質工学会編(1976)土質基礎工学ライブリー-12 切土ノリ面 共同印刷、東京pp.311~335)。また、台地における谷壁の形状に着目した文献によると、「関東ローム層の一般的な特性として、南面の谷壁は急だが、北面の谷壁はだらだらした斜面になっている。これら非対称谷に共通するのは、南向き斜面が急で、北向き斜面がゆるいこと、これらは関東の台地を刻む谷には普通にみられ、霜柱の影響と考えられる。」(貝塚英平(1979)東京の自然史、紀伊國屋書店、東京.239pp.)とされている。特に関東ローム層では「霜柱が立ちやすいくこと」(大後美保(1980)新編農業気象学通論、養賢堂、東京.pp.55~57)が知られている。