

平城宮跡の木簡出土深度の土壤環境

—国土交通省との共同調査から—

1 はじめに

現在、奈良県内では、国土交通省が、京奈和自動車道の建設事業を進めている。このうち、奈良市内では、平城宮跡の700m東側にトンネル建設が予定されている。

平城宮跡の地下に眠る木簡は、地下水が、その保存に重要な役割を果たしているため、2006年から、奈良文化財研究所をはじめとする文化財専門家と土質や地下水の専門家から構成された委員会において、京奈和自動車道のトンネル工事中における地下水の状態を監視するモニタリングのあり方などの検討が続けられている。

この委員会での検討で、奈良文化財研究所と国土交通省奈良国道事務所は、共同で平城宮跡の土壤を調査しており、今回は、これまでの調査結果を報告する。

2 地中における木材の腐朽

木材を腐朽させる微生物には、酸素のある環境で活動するいわゆる好気性微生物と、酸素のない環境で活動する嫌気性微生物がある。木材は有機質であり、食物連鎖の環の中にあって、最終的には分解者により分解され、消滅する。この腐朽過程の大部分は一般に木材腐朽菌と呼ばれている好気性微生物によるものである。

しかしながら、遺跡からは良好な形状を保った状態で木材が出土することがある。出土木材の劣化状態は、埋没していた土壤や樹種により様々であるが、わが国のような湿潤温暖な地域で出土する木材に共通した特徴は水浸状態にあることである。常に水分で飽和され、酸素の供給がきわめて少ない土壤は嫌気的環境となりやすく、このような環境下におかれた木材は嫌気性微生物により緩慢な腐朽を受けるものと考えられている。

地中の環境因子のうち、木材の腐朽に大きく影響を及ぼす因子はpHと酸化還元電位である。一般にpHが低く酸化還元電位が高い環境下において木材の腐朽が促進されるのに対し、pHが高く酸化還元電位が低い環境下では木材の腐朽は緩慢なものとなる。したがって、地中における木材の腐朽を考える際には、出土木材の腐朽程度とあわせてその木材が出土した場所の地下水位、土中水

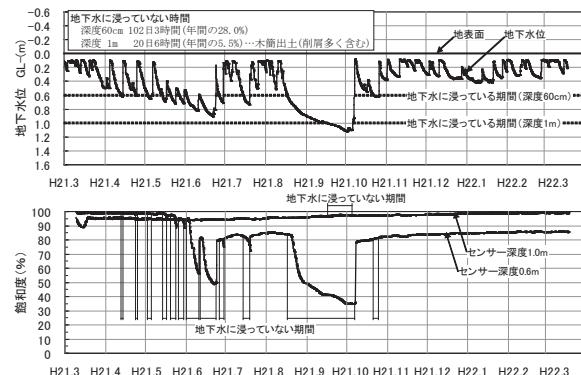


図91 第429次東方官衙地区の地下水位と土壤水分量

のpHおよび酸化還元電位について考察をおこなう必要がある。また、これらの環境因子は季節的な変動を示すこともあり、酸化還元状態の季節変動の議論において全鉄と二価鉄の量的な変化についても言及することが望ましい。

3 木簡出土深度と地下水位、土壤水分の関係

実際に木簡が出土した地点で、木簡が出土する深度と地下水位、土壤水分がどういう関係か検証した。

具体的には、「第429次東方官衙地区の基幹排水路SD2700」の埋戻し後に、地下水位計と土壤水分計を設置し、『木簡や削屑の出土深度と地下水位や土壤水分量の関係』を検証した。

なお、この地点では、木簡や削屑は、地下0.7mから1.1mの範囲で出土したため、土壤水分量は、木簡出土の上方、地下0.6mと木簡出土深度を代表して地下1.0mで測定をおこなった。

2009年3月から1年間の観測結果を図91に示す。

地下水位 木簡出土深度は、常に地下水に浸っておらず、地下水面より上方に位置する期間があることを確認した。ただし、その期間は、木簡出土深度より上方の、地下0.6mのそれより（年間の約3割の時間が地下水に浸っていないより）かなり短い時間になっている。

したがって、基本的には、『木簡が出土するところ（深度）は、地下水に浸っている時間が長い』といえよう。

土壤水分量 土壤水分量を表す指標として、土壤飽和度を用いた。この指標は、土壤の粒子と粒子の間の空隙にどの程度の水分が存在するかを示すもので、100%の場合空隙部分が全て水、逆に0%では空隙部分には全く水はない、と評価するものである。

木簡出土深度の土層は、その粒度組成から「粒径幅の広い砂質礫」に該当し、その水分保持特性から、飽和毛

管水帶は10cm以下であり、地下水面から上方、概ね10cm程度までの土壤は飽和状態に近いことが想定される。

観測の結果、木簡出土深度では、地下水に浸っていない期間があるが、飽和毛管水帶の範囲に入り、飽和度は低下しなかった。いっぽう、木簡出土深度より上方では、地下水に浸っていない期間には、飽和度が大きく低下した。こうした現象から、『木簡が出土するところ(深度)は、土壤水分量が飽和に近い状態に維持されている』可能性が高いと考える。

4 木簡出土深度における土壤環境

委員会では、バクテリアによる木簡の腐朽についてもそのメカニズムに関する調査をおこなうべきと言及があった。このため、木簡の保存とバクテリアの生息環境との関係も検証すべく、土壤中の『酸化還元電位と全鉄量、二価鉄量』を測定し検証した。その結果を図92、図93に示す。

酸化還元電位 3ヵ所の発掘調査現場で測定した。土壤の酸化還元電位と生息する微生物の関係は、土壤学のテキスト等では表10のような整理がなされている。

図92のとおり、木簡出土深度では、300mV vs NHEを下回り、酸素を必要とする微生物が生息できる環境でなく、『還元状態』にあるといえよう。

なお、2007年度に調査した第406次東方官衙地区では、木簡出土深度でも300mVを上回るものがあるが、これは、発掘調査後の測定で、土壤が長時間空気に触れ、このような数値となったきらいがあり、その反省を踏まえ、2008年度以降は、長時間空気に触れることがない状態で測定をおこなった。

全鉄と二価鉄 検証の補助的な指標として測定した。2008年度までの測定では、土壤が大気に触れたために二価鉄が酸化されて、検出できないものが多数あった。

このため、2009年度調査では、より精度を高めるべく、大気に触れず土壤を採取したところ、地下水に長時間入り、土壤水分量が保持されている深度では、全鉄に対する二価鉄の割合が大きくなっている、土壤水分量が保持されている深度は、『還元状態』にあるといえよう。

5 おわりに

このように、木簡出土深度は、地下水に浸っている時

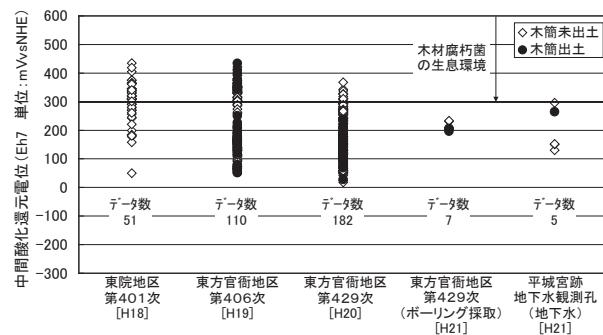


図92 酸化還元電位の測定結果

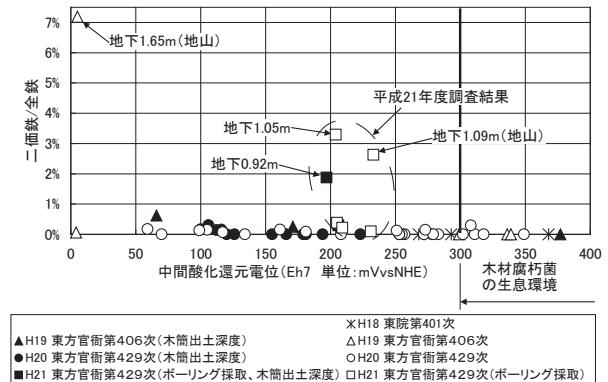


図93 全鉄と二価鉄の測定結果

表10 土壤の還元過程での物質の変化と微生物の関係

| pH7における酸化還元電位(Eh) | 物質変化 | 微生物の種類 | 特徴 |
|-------------------|----------------------|--------|------------------------------------|
| +600mV～+300mV | 酸素消失 | 好気性 | 酸素がないと生育できない (木材腐朽菌は全てここに当てはまる) |
| +400mV～+100mV | 硝酸消失、窒素ガス発生 | | |
| +400mV～-100mV | 2価マンガン生成 | 条件的嫌気性 | 酸素がなくても好気性のみに生育する 嫌気性微生物 |
| +200mV～-200mV | 2価鉄生成 | | |
| 0mV～-200mV | 2価イオウ生成、硫化物 メタン生成 | 絶対的嫌気性 | 酸素があると生育できない |
| -200mV～-300mV | | | |

時間が長いなど、土壤水分量が高いまま保持されていて、「木材腐朽菌」など、酸素を必要とする微生物が生息できる環境でないことが確認できた。

こうした結果を受け、改めて、平城宮跡の木簡の保存にあたっては、地下水に浸っているなど、土壤の水分量が重要な要素であることを認識した。

今後も共同調査を通じて、科学的裏付けとなるようなデータの収集に努めていきたいと考えている。

(高妻洋成・中口和巳／国土交通省奈良国道事務所)

参考文献

- 波多野隆介『土壤学概論』、北海道大学農学部ホームページ
- 江頭和彦『土壤学』、九州大学生物環境調節センターホームページ
- 西尾道徳・古在豊樹・奥八郎・中筋房夫・沖陽子『作物の生育と環境』(社)農山漁村文化協会、2000。