

第9回大和北道路地下水モニタリング検討委員会

平城宮跡の地下水涵養対策について

1 地下水涵養対策の検討方針

(a) 目的

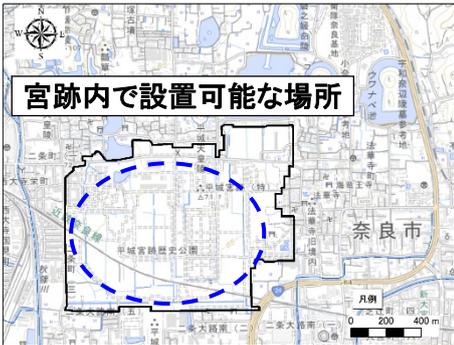
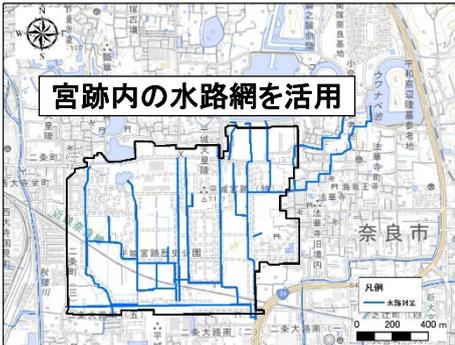
- 平城宮跡の地下水涵養対策の効果評価

(b) 地下水涵養対策案の設定

- 現在までの委員会等の検討経緯を踏まえ、以下2案を基本とし計4案の比較検討を行った。

- ① 平城宮跡の設置可能な場所に人工池を設置する対策
- ② 平城宮跡内の既存水路を活用した対策

表1 地下水涵養対策の比較

対策	人工池設置案		既存水路活用案	
	①-1 人工池設置案 (1箇所)	①-2 人工池設置案 (複数箇所)	②-1 既存水路活用案 (水位嵩上げ)	②-2 既存水路活用案 (底面土砂撤去)
方法	平城宮跡内に涵養池を1箇所設置、池を湛水して地下水を涵養	平城宮跡内に涵養池を複数箇所設置、池を湛水して地下水を涵養	平城宮跡内における既存水路に堰を設置して水位を嵩上げることによって地下水を涵養	平城宮跡における既存水路の底面堆積物を除去して地下水を涵養
留意事項	一定期間継続設置するため平城宮跡利用者等への配慮が必要	同左	水位を嵩上げるための堰板等の設置作業が必要	粘性土が溜まっている区間の堆積土砂の清掃が必要
現地状況				
対策範囲				

(c) 効果評価の流れ

- 涵養対策の効果評価は平城宮跡周辺の地形・地質情報等を反映した三次元地下水解析モデルを用いた(第8回委員会時に構築済み)。
- この際、①人工池設置、②既存水路活用ともに、対策施設底面からの涵養量の設定が必要である。
- 人工池設置案では現地涵養試験による検証結果(第8回委員会報告済み)を用いた。既存水路活用案では別途調査・解析を行い設定した。

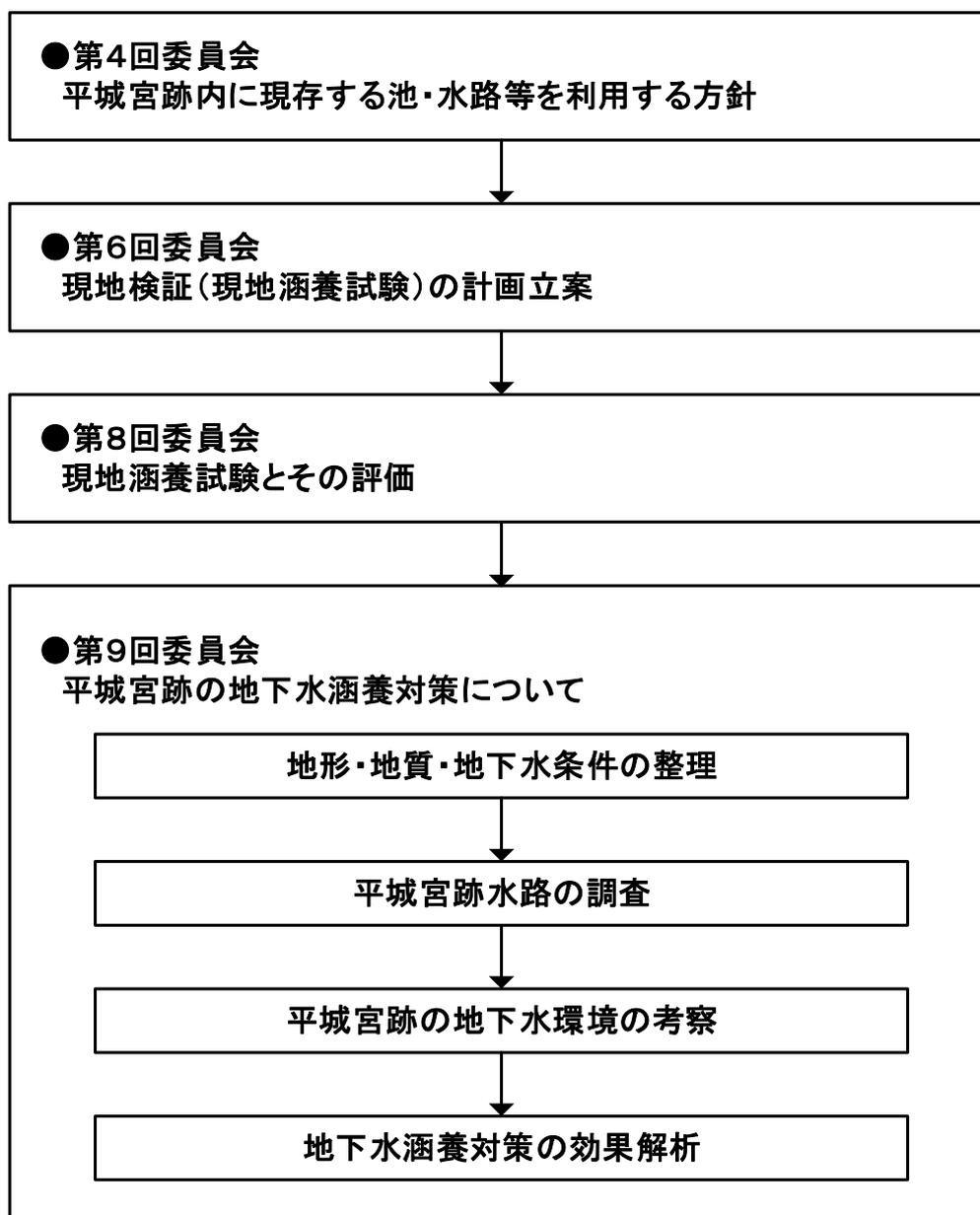


図1 地下水涵養対策検討の流れ

(d) 現地涵養試験の概要(第8回委員会報告事項)

- 試験状況を観測するため試験に先立ちモニタリング機器を設置した。
- 地盤上に土嚢を築堤して涵養池(20m×5m)を設置し約1カ月間湛水したのち排水した。湛水前～排水後2週間程度の観測を行った。
- 観測孔A,B,C,D(池からの距離1～5m)の地下水位が1カ月間で40cm程度上昇することを確認した(そのうち4割程度が涵養効果)。
- 不飽和帯の土壤水分量は試験直後から飽和状態となり、試験終了後も2週間程度高い状態にあることを観測した。解析を行った結果、試験後約1カ月程度水分量の高い状態が継続していたと推定された。



写真1 現地涵養試験状況

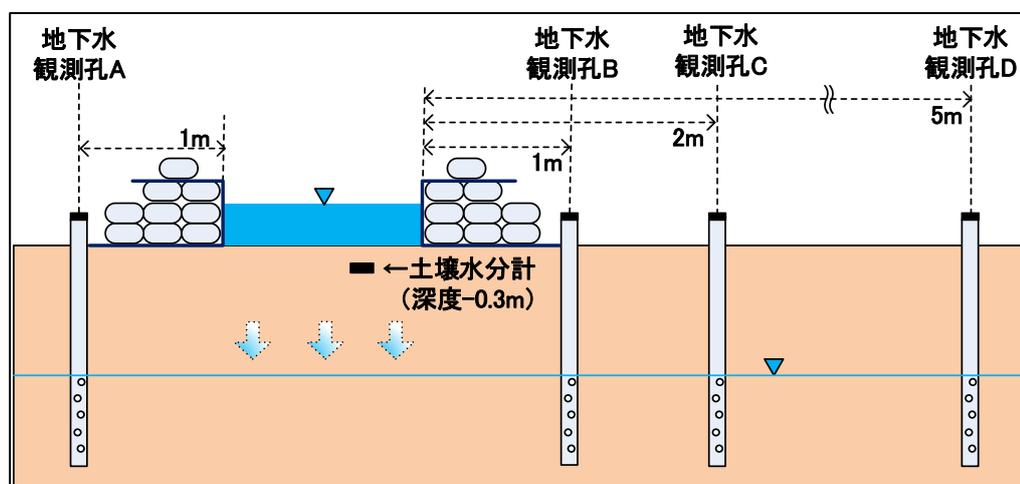
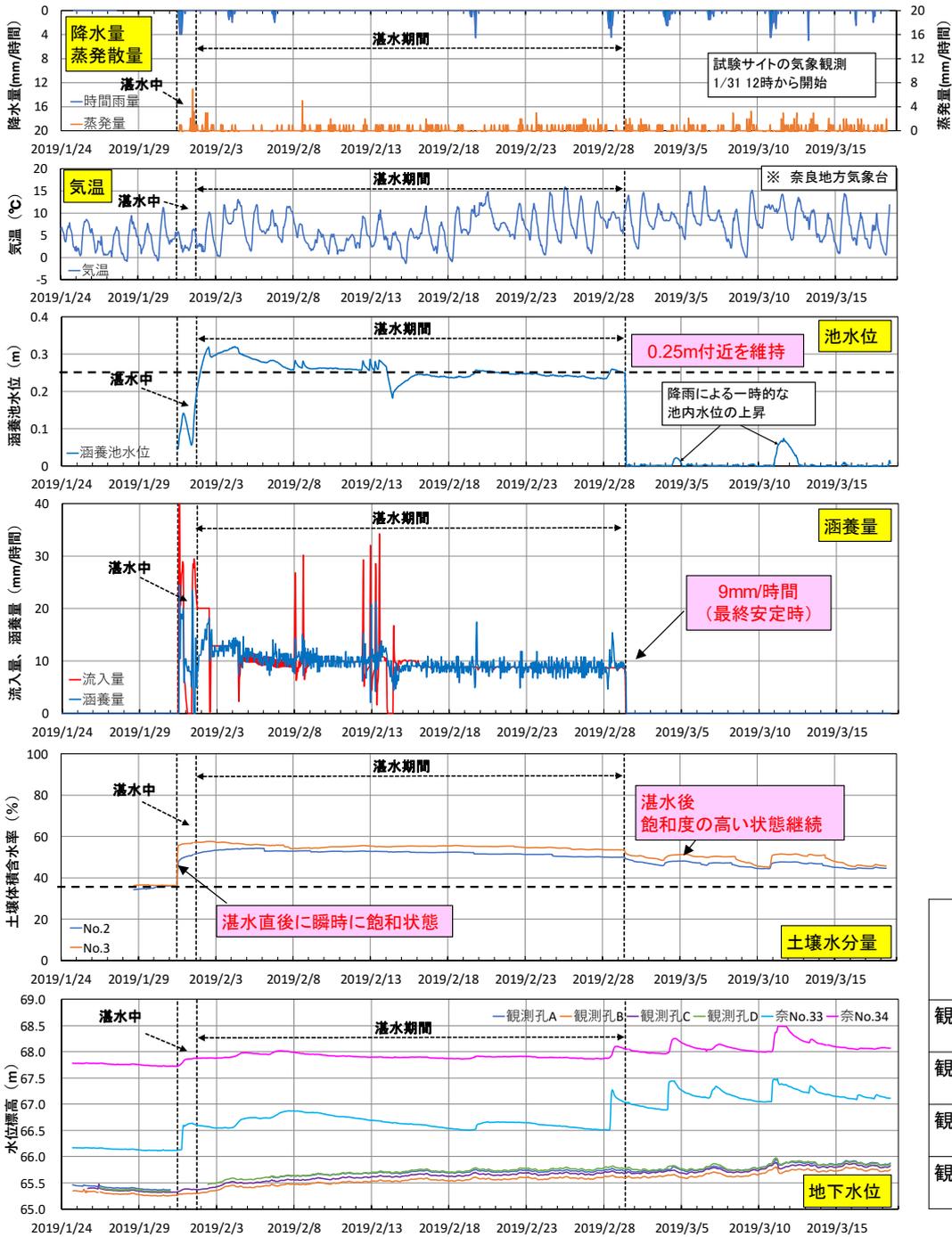


図2 観測体制模式図



	湛水前 水位 (m)	湛水 1ヵ月後 水位 (m)	水位差 (m)
観測孔 A	65.37	65.74	0.37
観測孔 B	65.26	65.60	0.34
観測孔 C	65.32	65.68	0.36
観測孔 D	65.34	65.77	0.43

図3 現地涵養試験結果

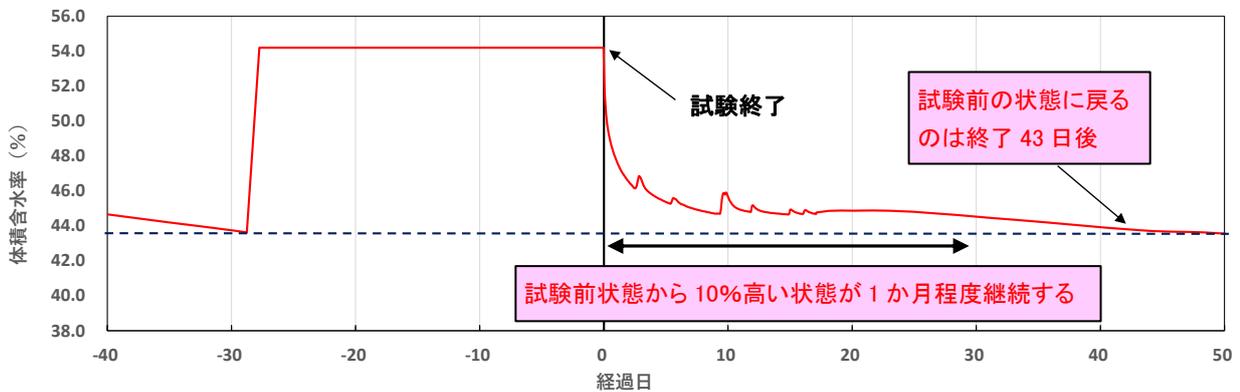


図4 試験終了後の土壤水分量の解析結果

2 平城宮跡の地形・地質・地下水の状況

(a) 地形

- 平城宮跡の地形は段丘面と低地部に区分される。
- 宮跡内の比高差は10m程度である。

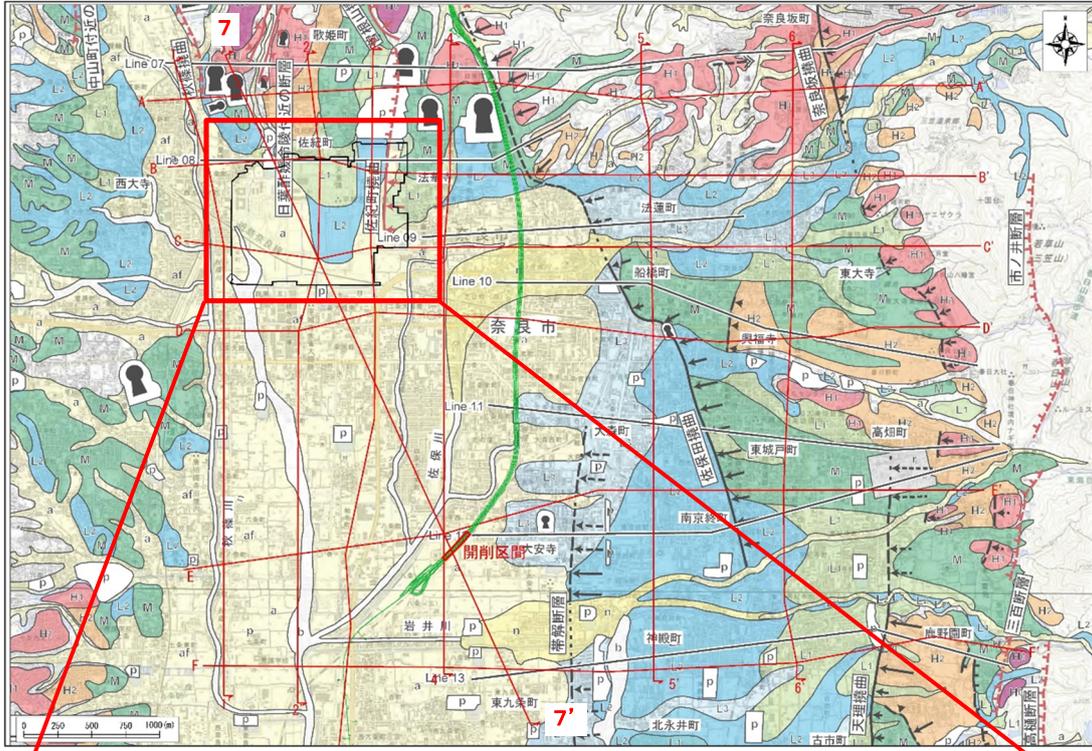


図5 奈良盆地北部の地形区分図

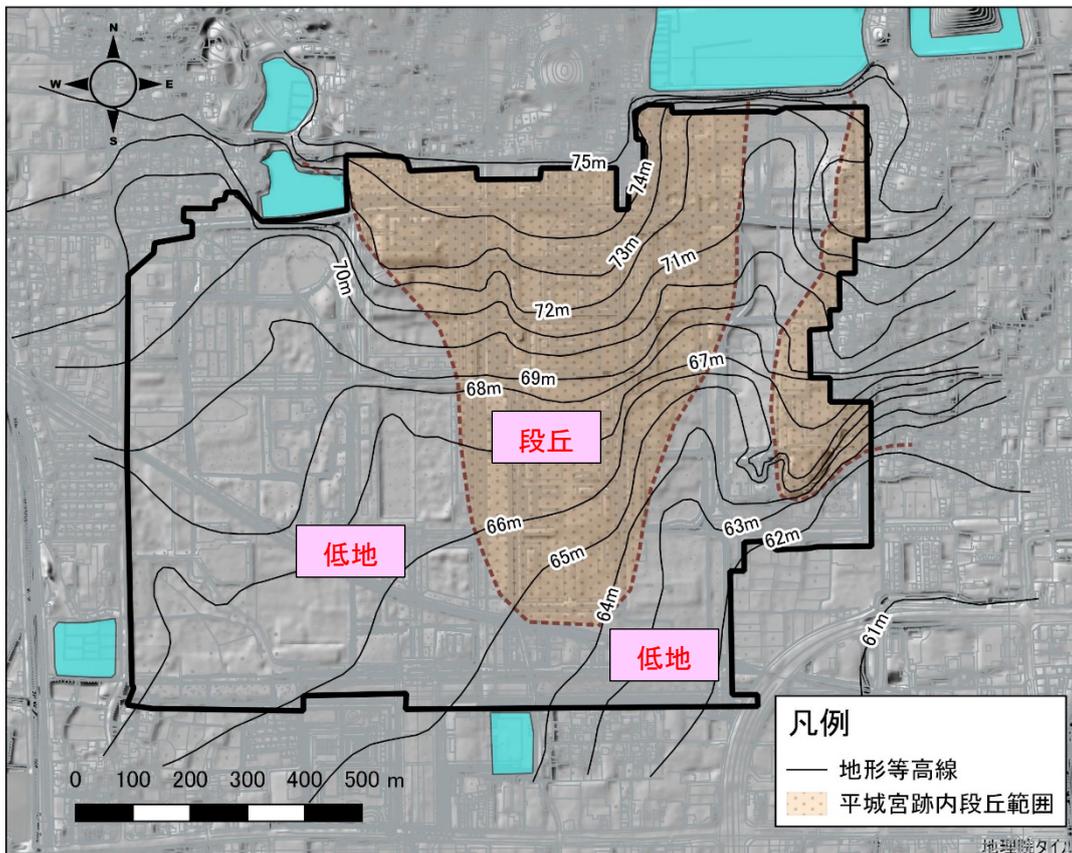


図6 平城宮跡の地形区分（段丘面の分布）

(b) 地質

- 平城宮跡～大和北道路周辺の表層地質は上位より完新世の沖積層、更新世の段丘堆積層からなる。
- 平城宮跡南東～佐紀池付近では表層の土壌直下に沖積層の粘性土が、それ以外は表層土壌の下に第1帯水層が分布する。

地質時代	地層名	記号	土質	帯水層区分	
第四紀 更新世	沖積層	Ac	粘土	第1帯水層	
		As	砂		
	低位段丘堆積層	Tc	粘土	第1帯水層	
		Tg	砂・砂礫		
	中位・高位段丘堆積層	Tr	礫(砂・シルト含む)	第1帯水層	
		Oc1, Oc2	粘土		
	大阪層群	精華累層	Os1	砂礫・砂	第2帯水層
			Oc3~5	粘土	第3帯水層
		Os(1'3)	砂礫・砂		

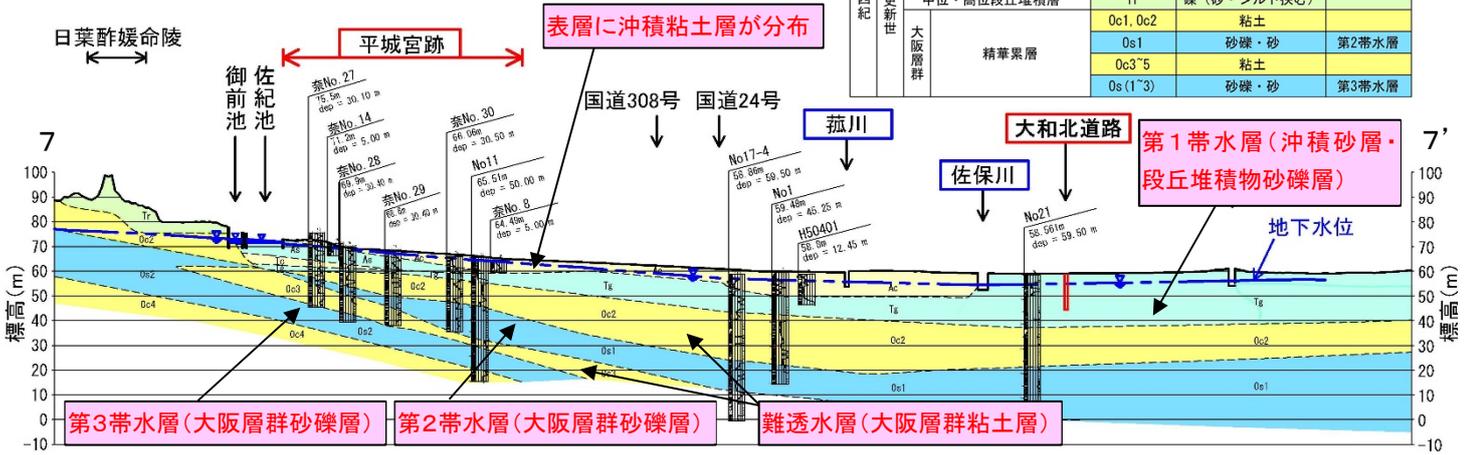


図7 水理地質断面図(平城宮跡～南側坑口部)

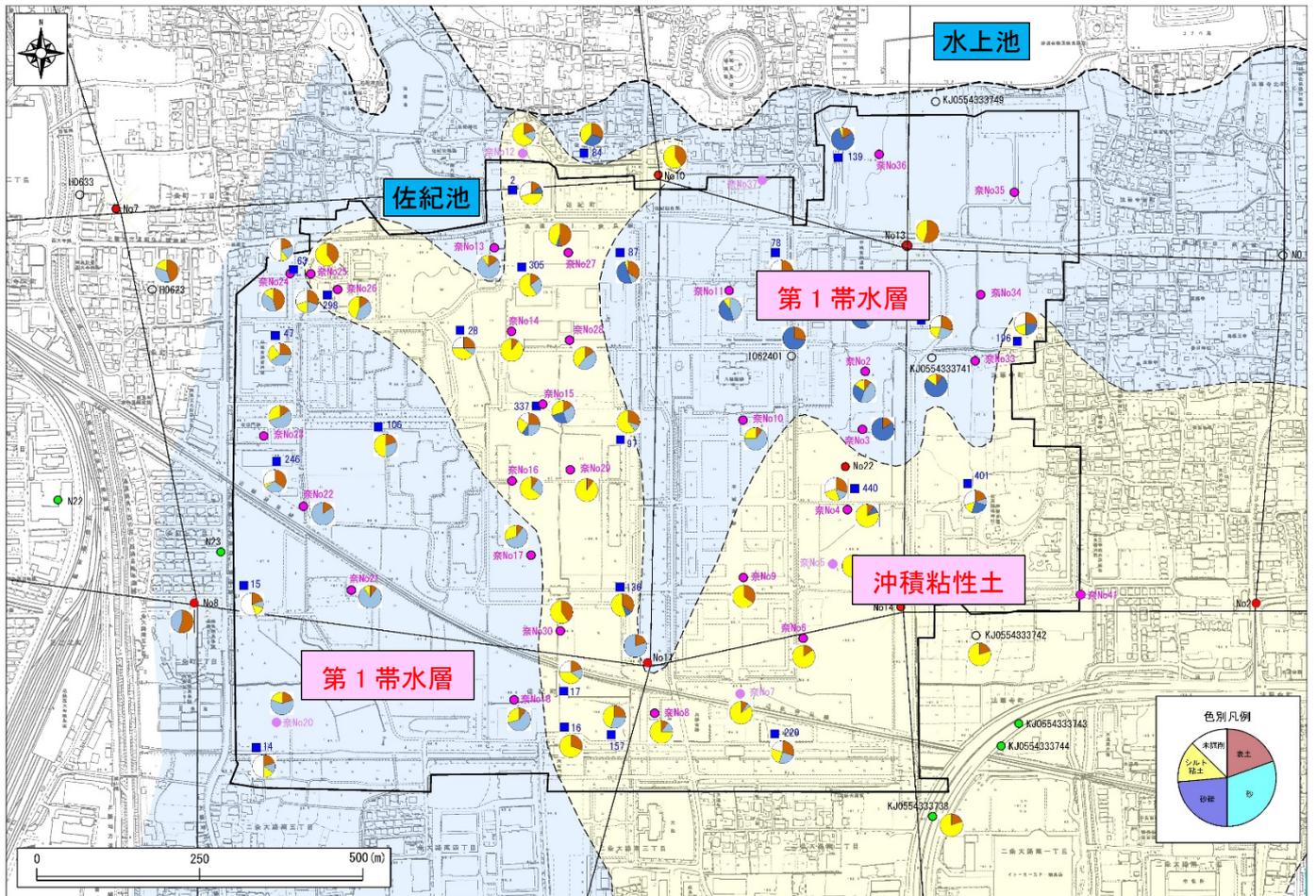


図8 平城宮跡の表層地質区分

(c) 地下水

- 平城宮跡では北部から南東の方向に地下水が流動する。地下水位の深度は、地形の高低に調和的で段丘（地形が高い場所）で深く、低地部（地形の低い場所）で浅い傾向にある。一部では地下水位がほぼ地表面と同じで湿地状態となっている。

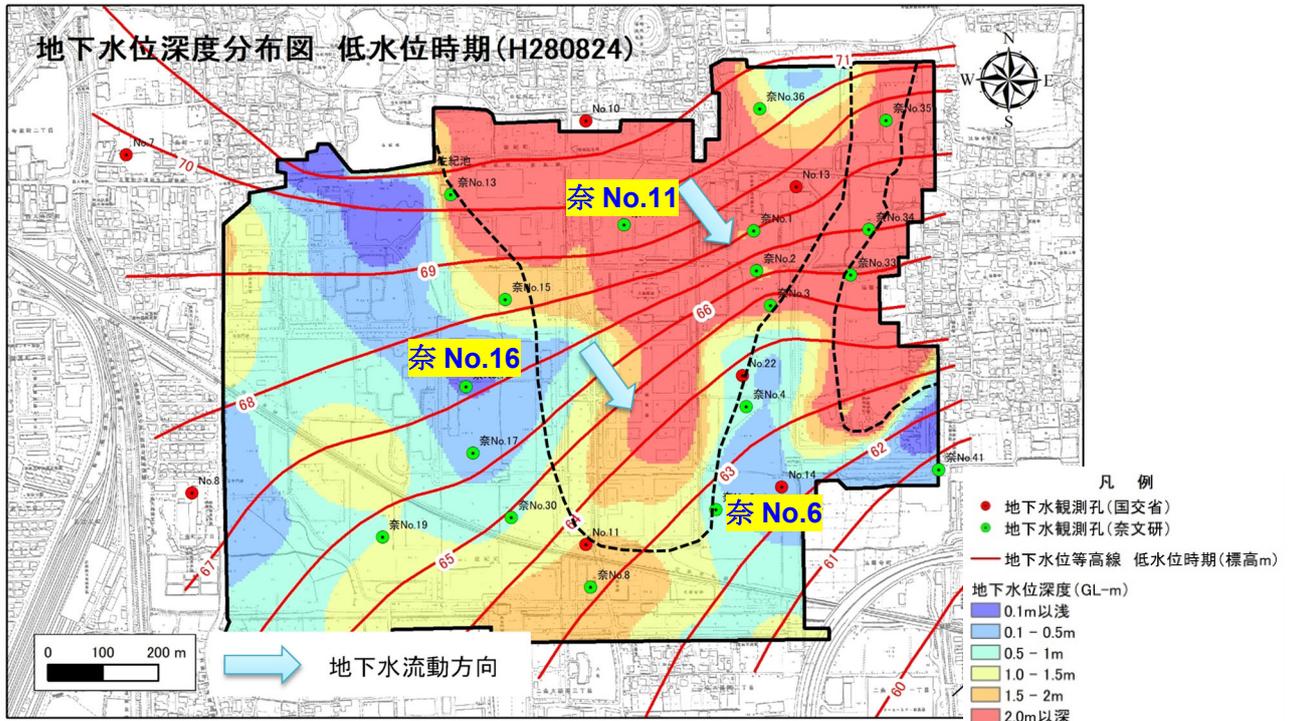


図9 地下水位等高線図

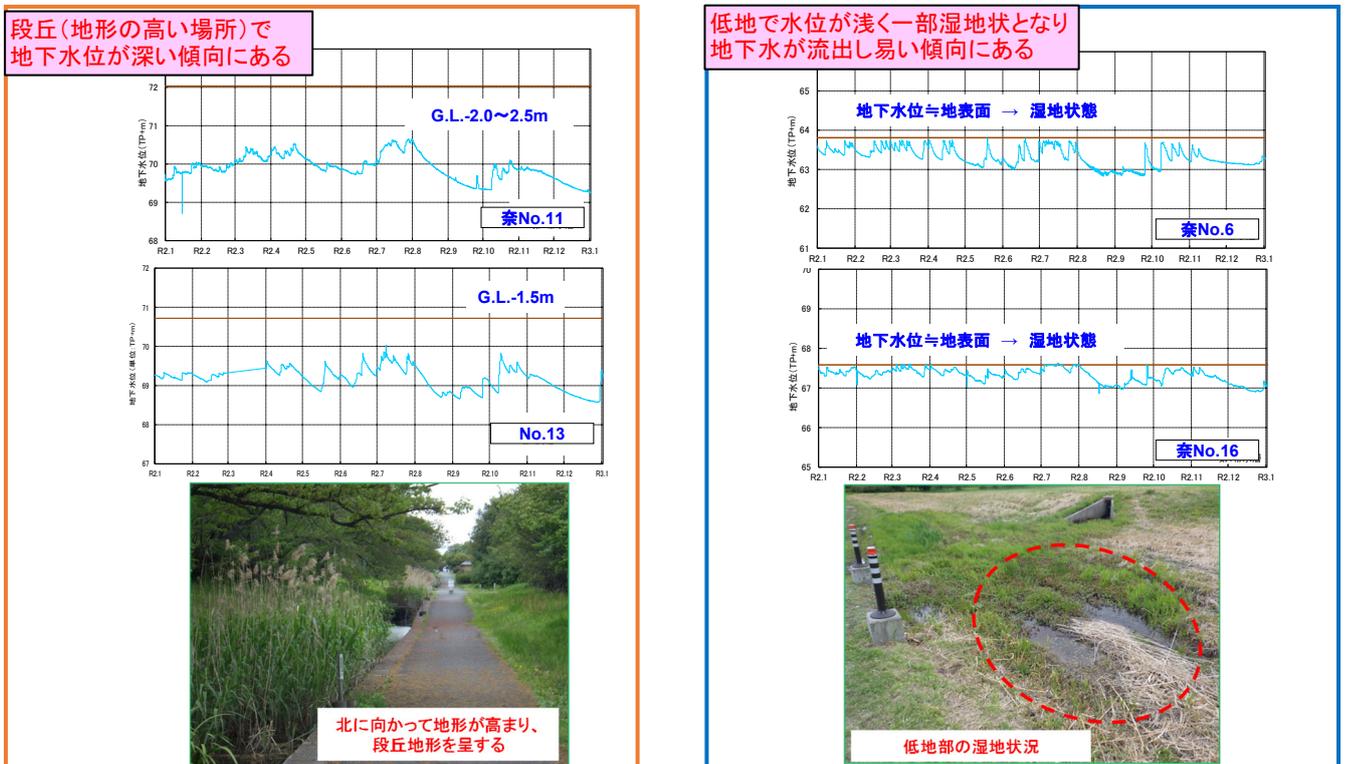


図10 地下水位変動図（左：段丘面、右：低地部）

(d) 木簡出土位置

- 平城宮跡では昭和30年頃より発掘調査が継続して進められてきている。現在までの調査済み範囲と木簡が出土した位置を地形地質条件と重ね合わせて以下に示した。低地部や粘性土分布域で比較的多く木簡が出土している傾向にある。

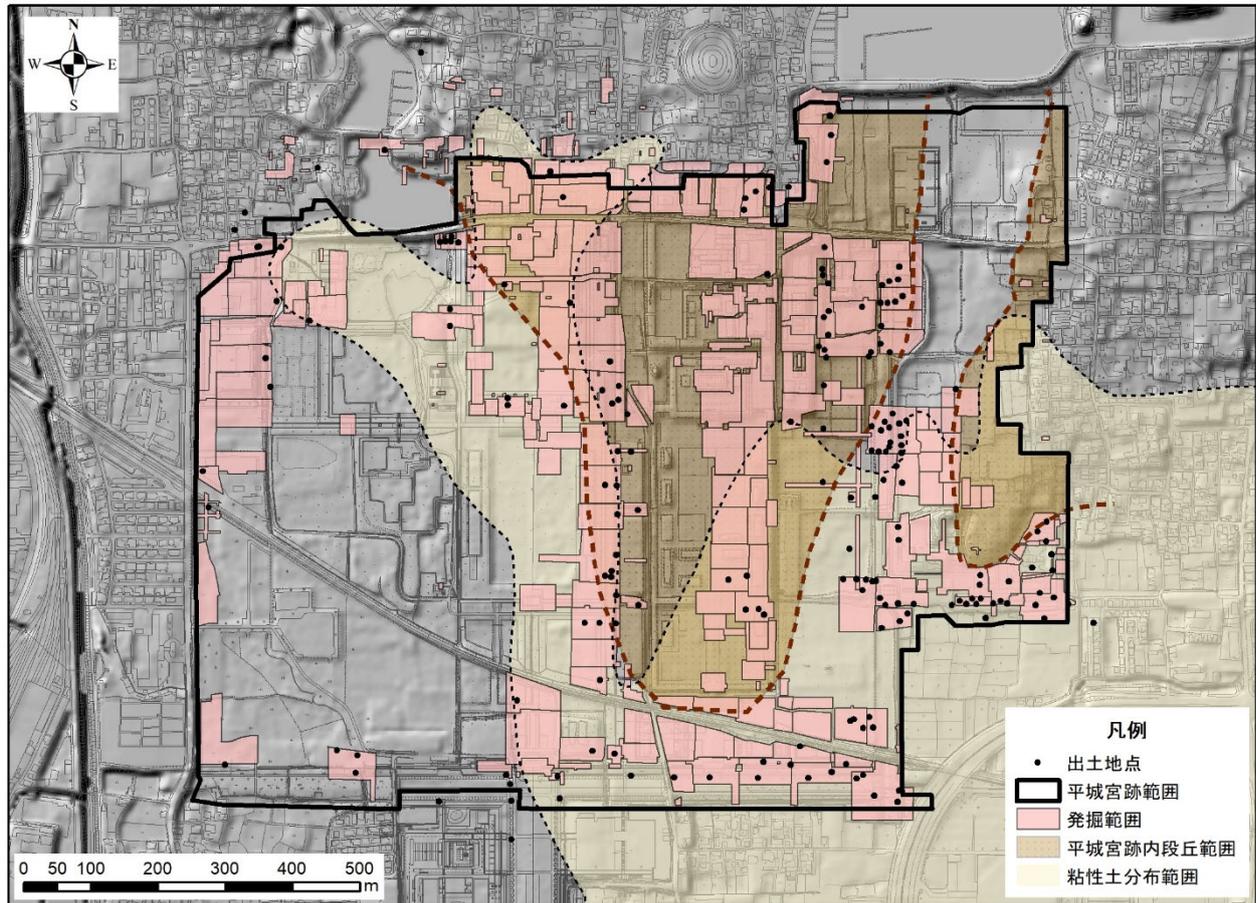


図 1 1 発掘調査範囲と木簡出土地点

※「発掘調査報告 2023 奈良文化財研究所 (2023 年 12 月)」、「平城宮発掘調査出土木簡概報 (四十六) 奈良文化財研究所 (2023 年 3 月)」に基づき作成

3 平城宮跡の水路

(a) 水路系統

- 平城宮跡へ流入する表流水の系統は大きく3つに区分され、平城宮跡内では7系統の水路で流下する。水上池からの流入水は埋設管によって3水路に分配される。
- A水路では灌漑期に水田用水として利用されているが、その他水路での利水は認められない。

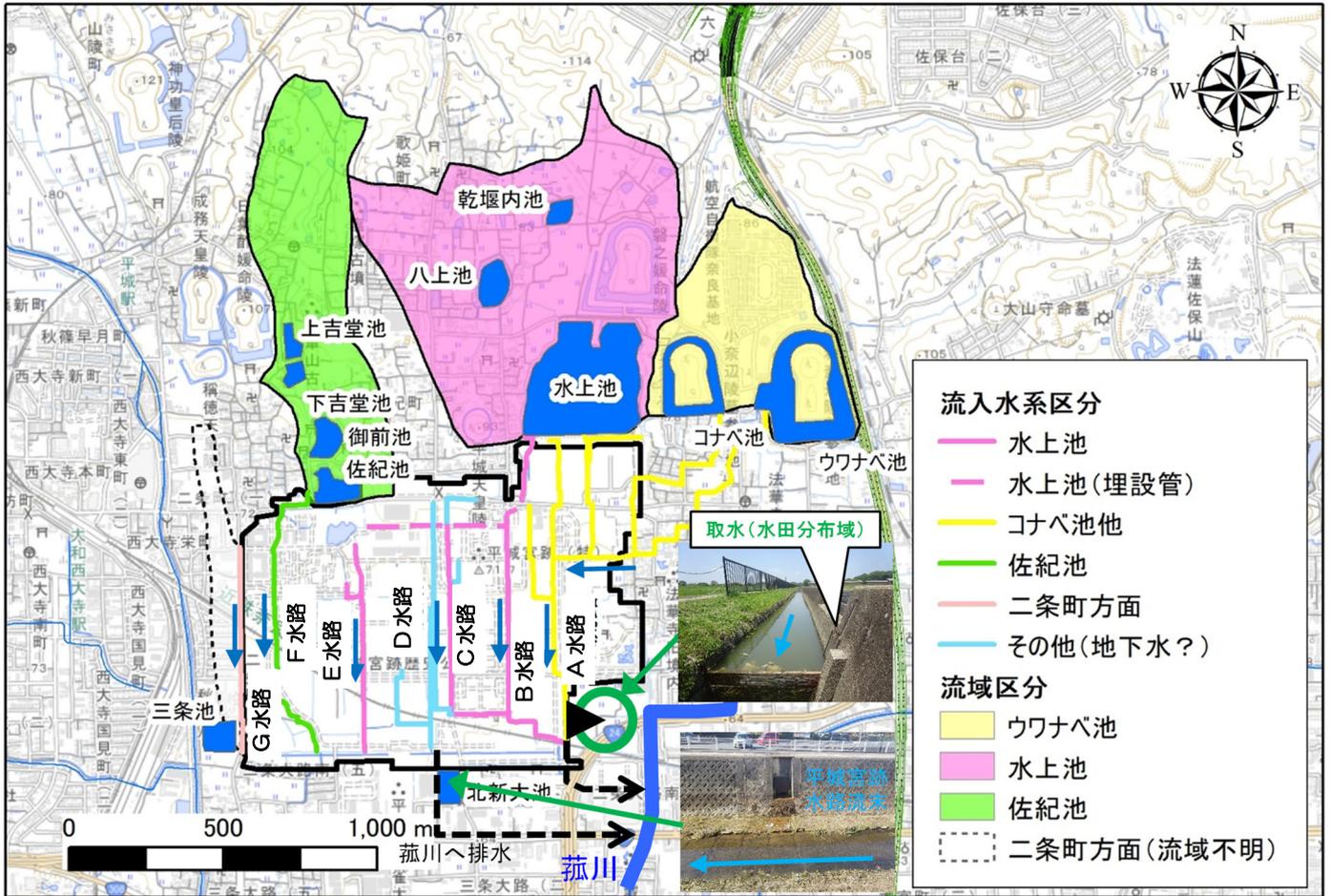


図12 平城宮跡周辺のため池・水路の位置関係

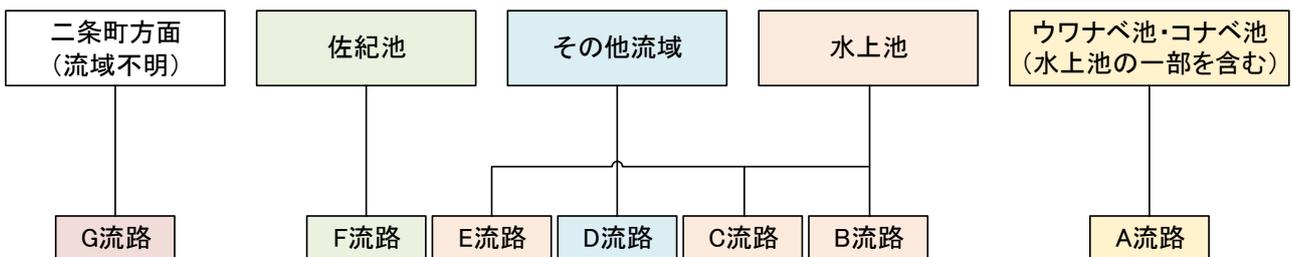
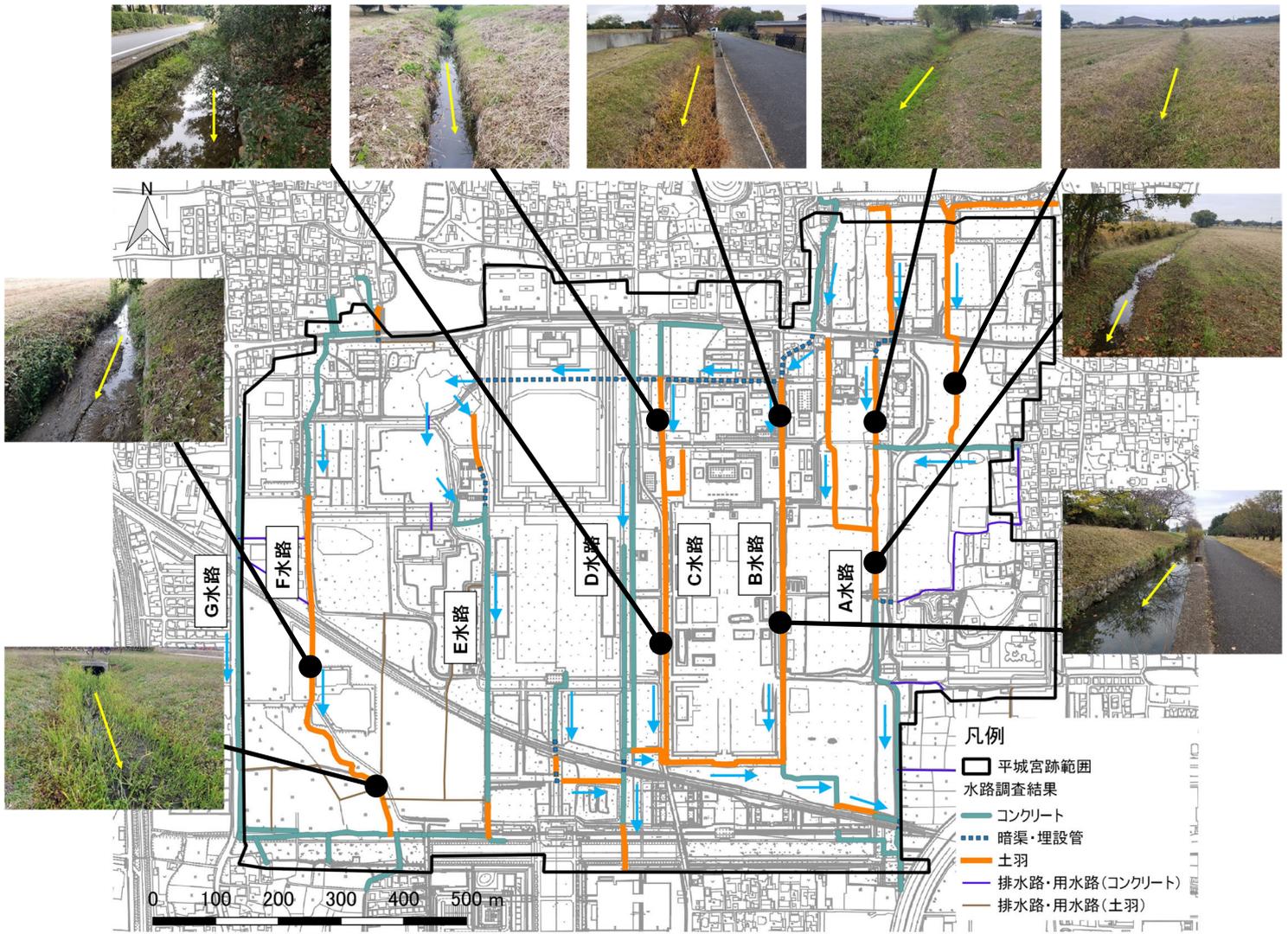


図13 背後流域と水路系統の関係図

(b)水路の底面形態

□ 平城宮跡水路の底面形態を既存資料や現地踏査で確認した結果、コンクリートと土羽（自然状態）に分類され、その分布は以下のとおりである。このうち土羽の区間が涵養対策に活用可能である。



底面材質コンクリート水路の状況



遺構水路の状況

図14 平城宮跡の水路（底面材質区分）

(c) 水路の底面堆積物

- 土羽水路の底面には0.2m前後の層厚で土砂が堆積し、その下に地山が確認された。
- 水路の上流側で砂～砂礫が、下流側で有機質粘性土が堆積する傾向が確認された。

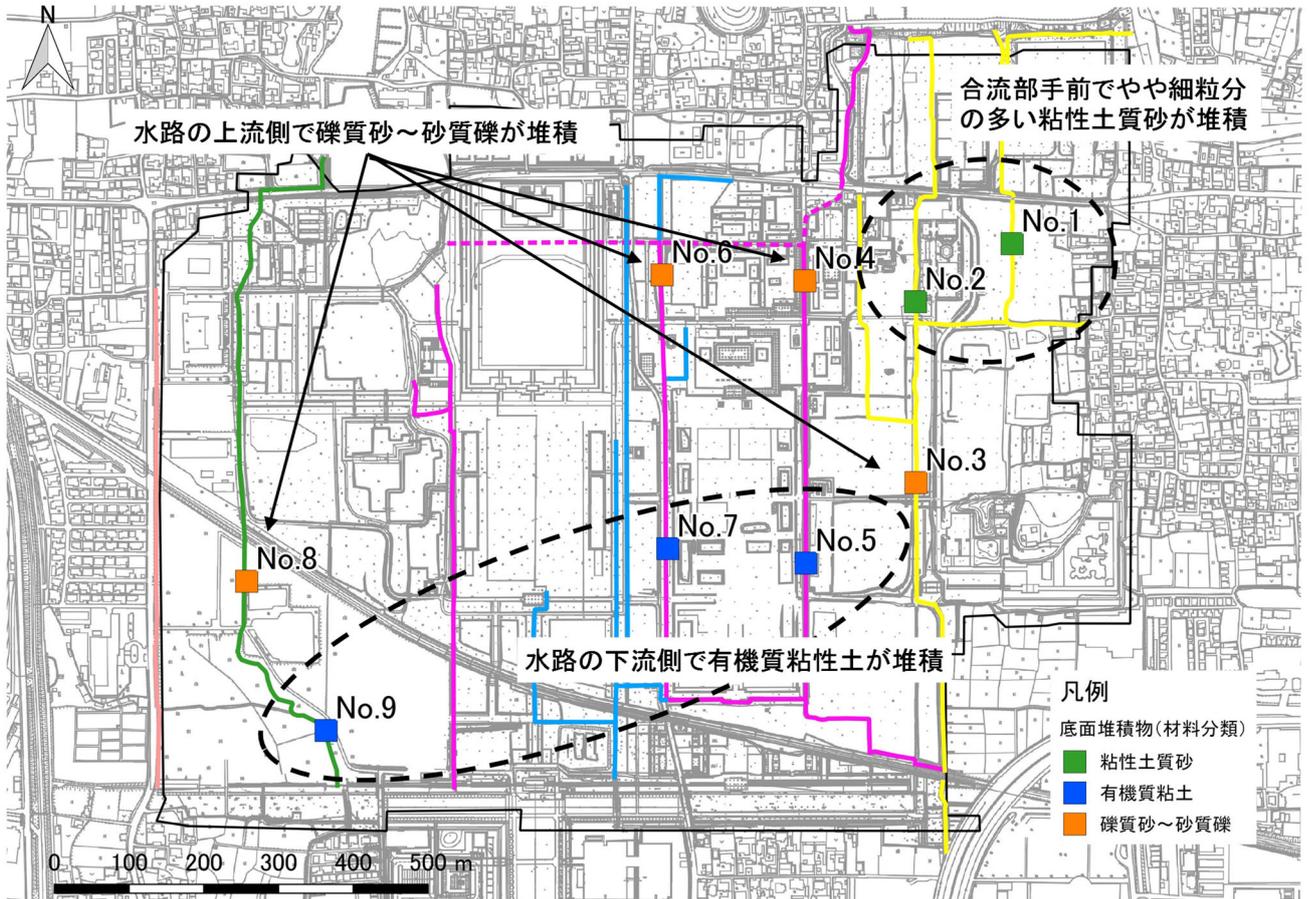
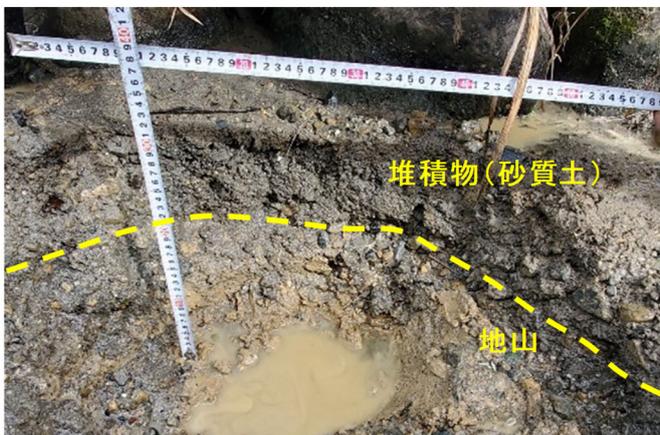


図15 平城宮跡の水路調査結果（底面堆積物）

No. 6地点（上流側）



No. 5地点（下流側）

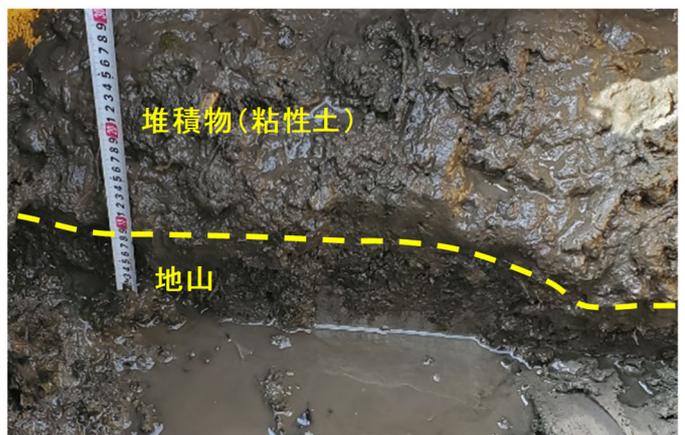


写真2 平城宮跡の水路調査結果（底面堆積物）

(d) 水路の流入量

- 平城宮跡に流入する水量は季節によって大きく異なり、流量観測の結果から200リットル/分弱～5000L/分超の変動が確認された。
- ため池からの流入比率は時期により異なり、豊水期は「水上池」あるいは「ウワナベ池・コナベ池」、渇水期は「佐紀池」の比率が高くなる。

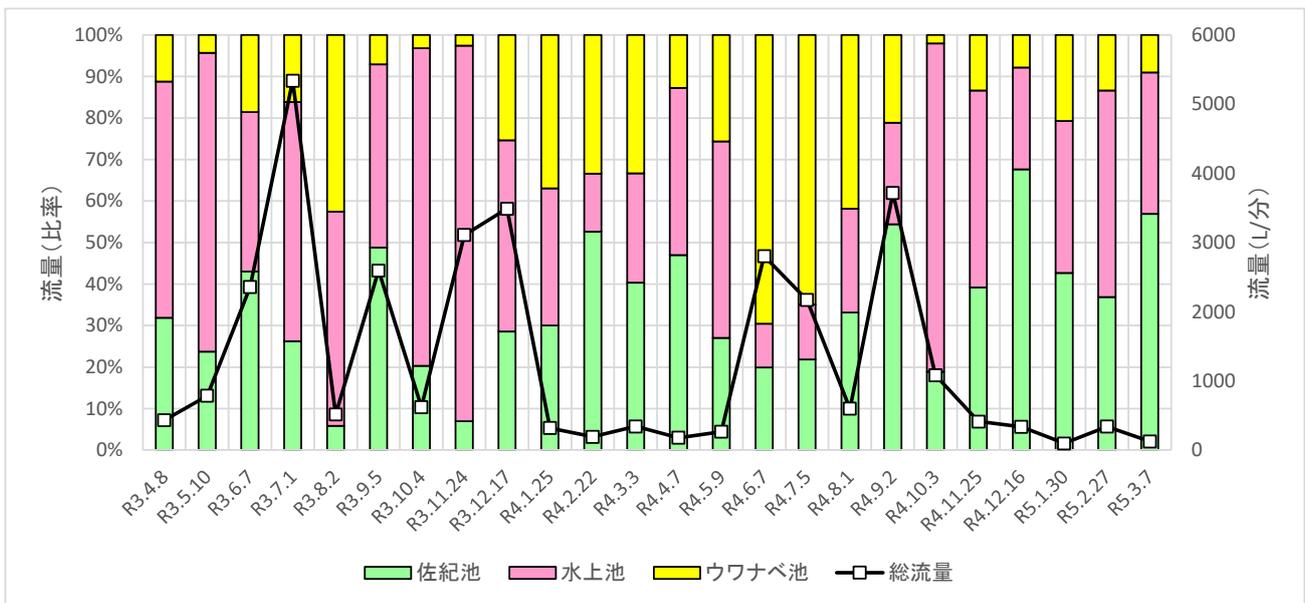
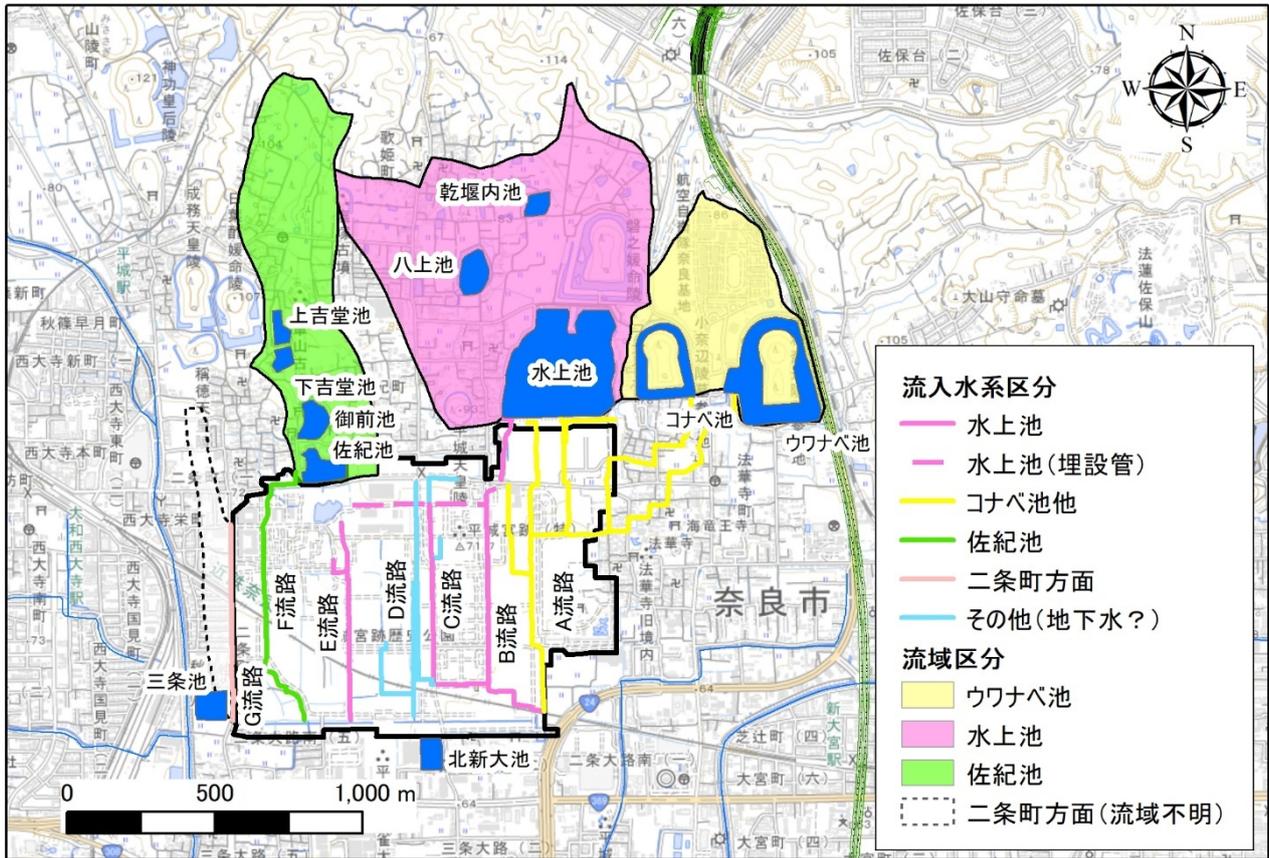


図16 平城宮跡の流入水源の構成

(e) 水路水位の観測結果

- 主要水路の流入部で水位観測を行った結果、およそ年間を通じて流水のあることが確認された。
- 降雨に合わせて水位が上昇・低下する傾向に加え、埋設管で分配される水路では年間水位変動が少ない状況や、農業利水のある水路ではかんがい期に人為的に流量増加する特徴等が確認された。

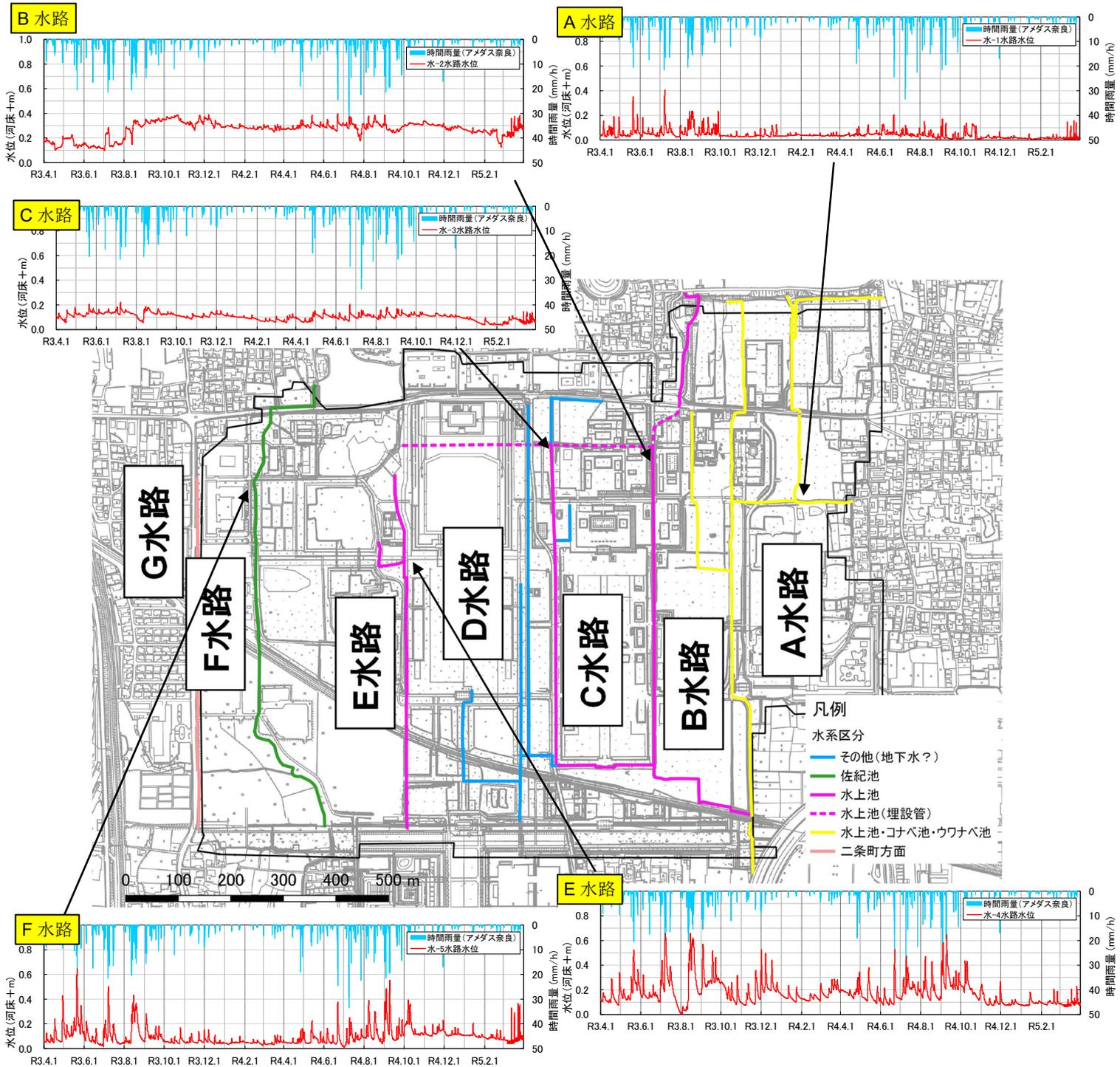


図17 平城宮跡の水路水位変動図

4 平城宮跡の地下水環境の考察

(a) 現状での水路からの涵養・水路への流出

- 地形と地下水位の高さ関係から段丘では水路から涵養が生じる状況、低地では水路に地下水が流出する状況が想定される。
- 10回実施した流量観測結果の分析から上記傾向をおよそ確認した。

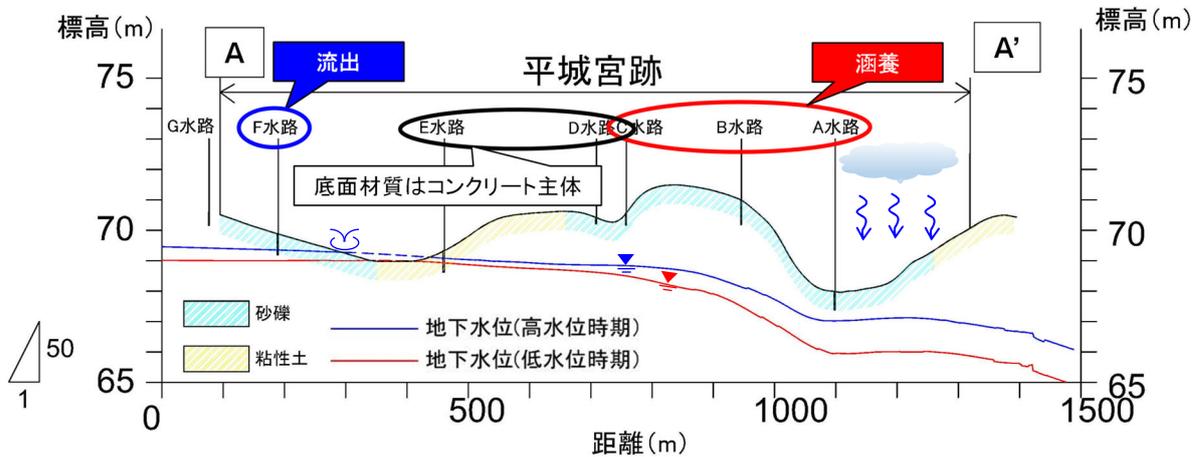


図18 平城宮跡の地形断面図（東西方向）

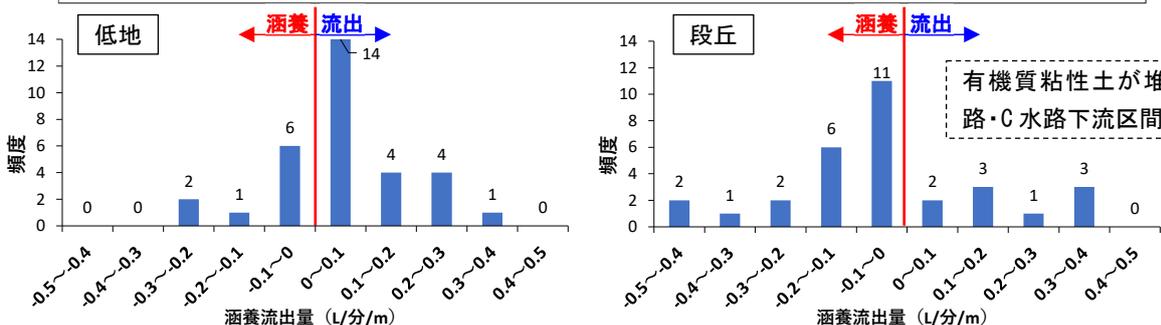
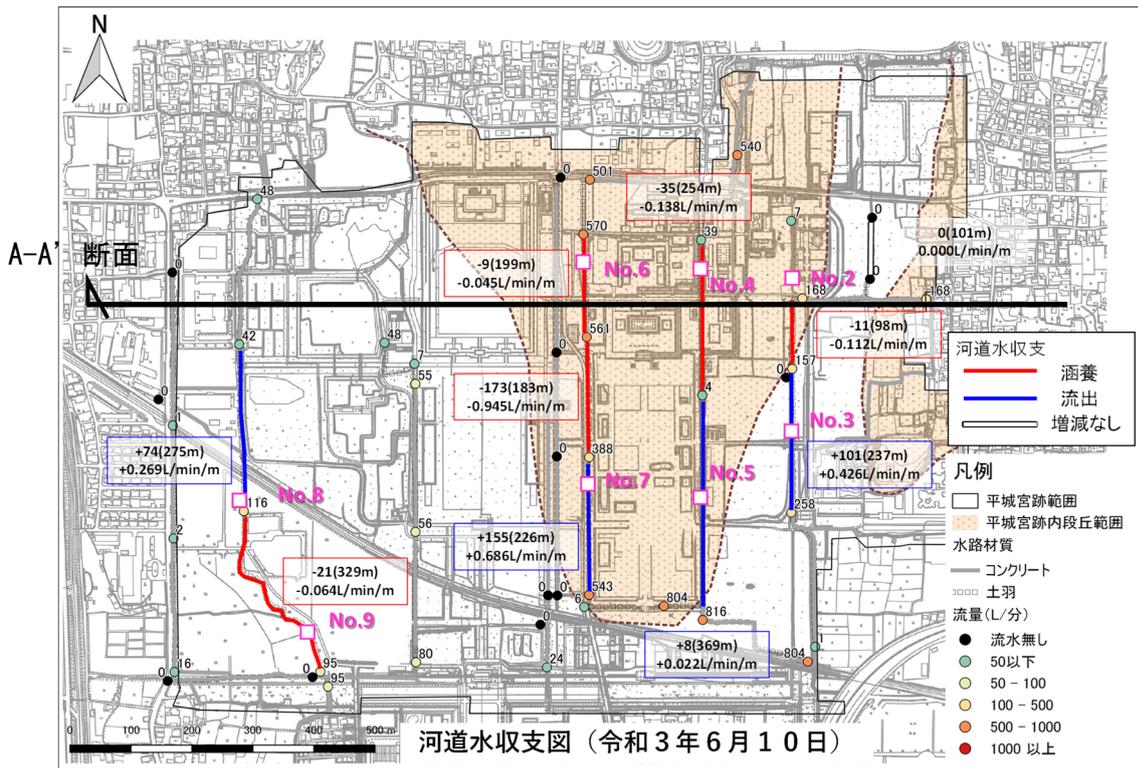


図19 地形区分毎の涵養量・流出量の頻度分布

(b)平城宮跡の地下水環境の考察

- 地形・地下水位の断面的な高さ関係や流量観測結果の分析から、現況においても水路を流れる流水による涵養効果で平城宮跡の地下水環境は良好なものに保たれているものと推定。

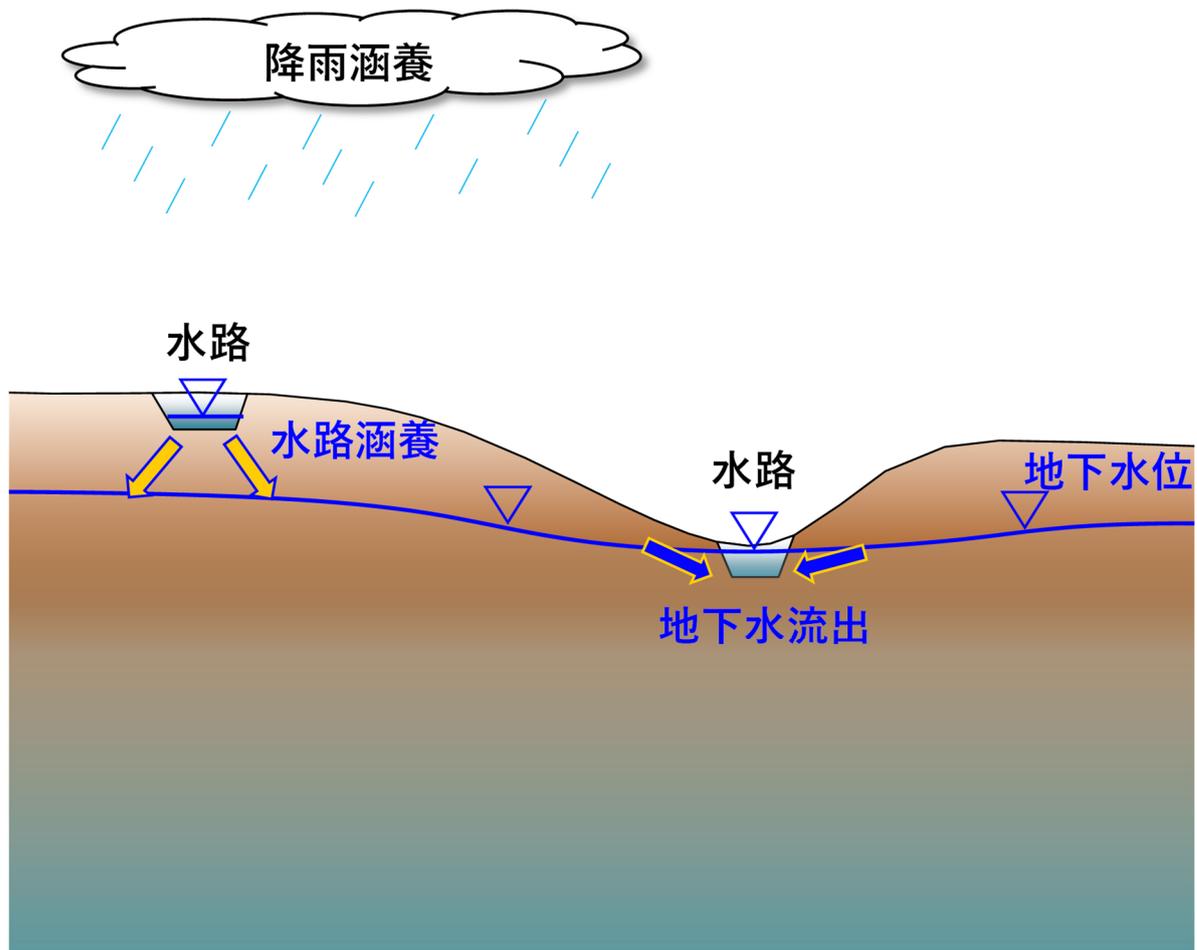


図20 平城宮跡の地下水環境模式図

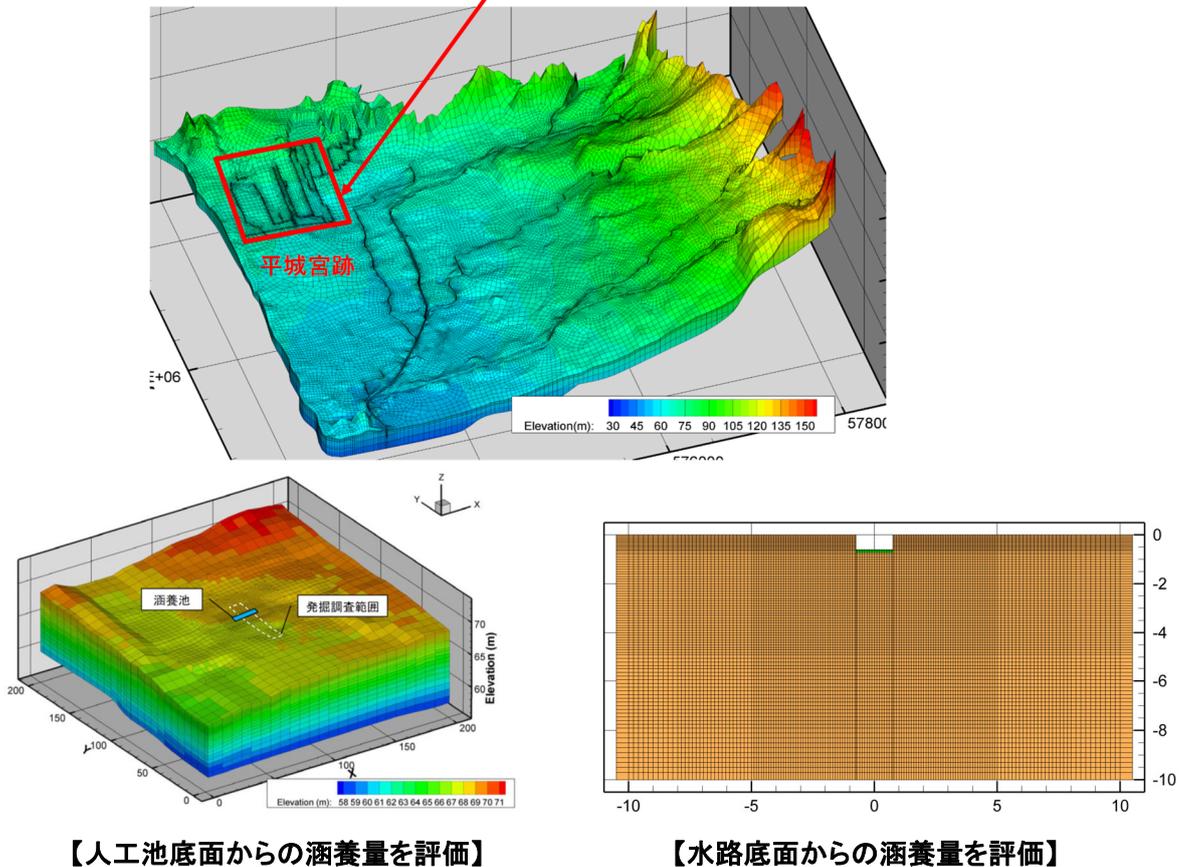
5 平城宮跡における地下水涵養対策の効果

- 第8回検討委員会時に構築した三次元地下水解析モデルに涵養対策として「人工池設置案」、「既存水路活用案」を設定し効果評価を行った。
- 対策施設底面からの涵養量は別途解析による評価値を入力条件として与えた。ただし表層に粘性土が分布する範囲は対策効果が僅かと想定されるためモデル上は対策設定を除外した。

表2 地下水涵養対策の設定

対策	①-1 人工池設置案 (1箇所)	①-2 人工池設置案 (6箇所)	②-1 既存水路活用案 (水位嵩上げ)	②-2 既存水路活用案 (底面土砂撤去)
方法	平城宮跡内に涵養池を1箇所(新設)設置し、湛水されることで地下水を涵養	平城宮跡内に涵養池を6箇所(新設)設置し、湛水されることで地下水を涵養	平城宮跡における既存水路の水路水位を上昇させ、地下水を涵養させる	平城宮跡における既存水路の底面堆積物を除去して、地下水を涵養させる
模式図		同左		

対策箇所に境界条件設定



【人工池底面からの涵養量を評価】

【水路底面からの涵養量を評価】

図2-1 地下水解析モデルによる効果評価

- 解析結果から人工池設置案は設置箇所が限られるため局所的な涵養効果に止まることが分かる。一方、既存水路活用案では面的な効果が得られる結果となった。
- 水路対策のうち「底面堆積物除去」の方が「水路水位嵩上げ」より効果範囲が広いことが分かる。水路水位を嵩上げしても透水性の低い粘性土が底面に堆積している区間では効果が発揮されにくいためである。
- 涵養対策として既存水路活用案(底面堆積物除去)が有効であり、具体的には水路底面に堆積している粘性土を清掃除去する方策が挙げられる。

表3 地下水涵養対策効果の比較

対 策	①-1 人工池設置案 (1箇所)	①-2 人工池設置案 (6箇所)
対策効果 (水位上昇範囲) 凡例 ■ 人工池対策 ■ 水位上昇範囲 水路底面材質 — コンクリート — 土羽 — 排水路・用水路(コンクリート) — 排水路・用水路(土羽) - - - 暗渠・埋設管 [斜線] 粘性土分布範囲		
評 価	×	×
対 策	②-1 既存水路活用案 (水位嵩上げ)	②-2 既存水路活用案 (底面堆積物除去)
対策効果 (水位上昇範囲) 凡例 ■ 水路対策 ■ 水位上昇範囲 水路底面材質 — コンクリート — 土羽 — 排水路・用水路(コンクリート) — 排水路・用水路(土羽) - - - 暗渠・埋設管 [斜線] 粘性土分布範囲		
評 価	△	○

※ 涵養が1年間継続した場合の効果範囲