

3) 地下水涵養条件

地下水涵養量の推計手法について学術的に確立した手法は未だない。その中で、一般的に知られている手法のうち、タンクモデル法^{*}を用いる方法がある。タンクモデルを用いて地下水涵養量を求める場合には、地表からの浸透過程をタンク間の垂直方向の水の移動（主に落下）で模擬する。涵養タンクモデルは直列型のもが多く、最上段のタンクは表面流出、最下段のタンクは地下水流出（基底流出）を受け持つ。

タンクモデルの主な利点は、降雨量や蒸発散量などの地表水系の要素を用いることによって降雨イベントからの地下水位変化の遅れを表現でき、タンク内への流入量と流出量が容易に集計できるので、涵養量を含む水収支の内訳の推計も地下水位計算と同時にできるという特徴がある。本調査では、これらを考慮し、タンクモデル法による地下水涵養量の推計を行った。

※ 流出解析手法のひとつ。「流出解析法、菅原正巳ら（1972）」に詳しい。

① タンクモデルの構造

タンクモデルは、土壌タンクと地下水タンクを表す 2 つのタンクを縦に連結させたモデル（図 2-3 1）とした。タンクモデルに設定したパラメータを表 2-2 1 に示す。

② 降水量

タンクモデルに入力する日降水量は、鳩山観測所（気象庁（アメダス））を用いた。

③ 蒸発散量（可能蒸発散量）

タンクモデルに入力する可能蒸発散量は、鳩山観測所（気象庁（アメダス））の日平均気温を用い、ハーモン法により算出した。蒸発散量はタンクモデルの処理において“土壌タンクの水量が可能蒸発散量未満の場合には土壌タンクの水量しか蒸発しない”ものとし、計算の過程で算出した。

（ハーモン式）

$$E_p = 0.14 \times D_0^2 \times P_t$$

ここで、 E_p ：可能蒸発散量（mm/日）

D_0 ：可照時間（12 時間を 1 とする）

P_t ：日平均気温に対する飽和絶対湿度（gm/m³）

表 2-2 1 タンクモデルのパラメータ設定値

項目	設定値	備考
流出係数 α	0.15	地下水位観測孔 No. 2 が位置する「森林・林地」
土壌タンク高さ T	100 (mm)	
地下水浸透率 λ_1	0.25	
地下水流出率 λ_2	0.016	

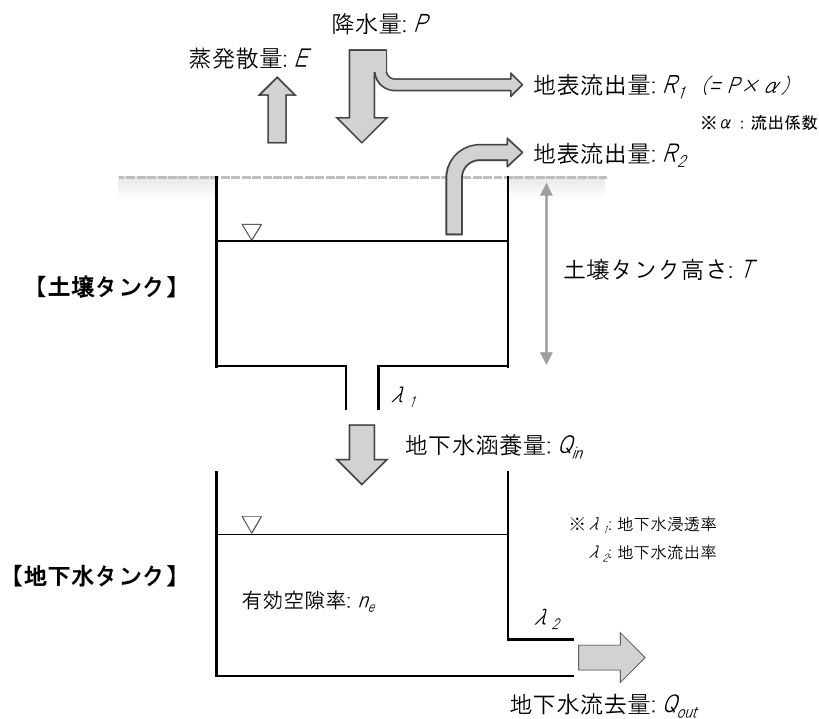


図 2-3 1 タンクモデル

④ 流出係数

地表面における降水の流出係数は、図 2-3 2 に示す土地利用区分ごとに、表 2-2 2 に示す値を設定した。原則として、県資料である「都市計画法に基づく開発許可制度の解説 平成 27 年 10 月版」(埼玉県都市整備部都市計画課)に示された値(表 2-2 3)を用い、値に幅をもつものについては中間値を採用した。県資料に該当しない土地利用区分については、「道路土工 - 排水工指針」((公社)日本道路協会)(表 2-2 4)を参考とした。

表 2-2 2 流出係数の設定値

土地利用区分	流出係数	流出係数設定値の根拠
 森林・林地	0.15	資料①表-2「芝・樹木の多い公園」の流出係数の中間値
 公園・緑地	0.15	資料①表-2「芝・樹木の多い公園」の流出係数の中間値
 空地・荒地・裸地	0.20	資料①表-2「間地(空地)」の流出係数の中間値
 水田	0.75	資料②「田・水面」の流出係数の中間値
 畑・その他の農用地	0.35	資料①表-1「庭園を多く持つ戸建て住宅地及び畑地等が比較的多く残る郊外地域」の総合流出係数
 水域	1.00	資料①表-2「水面」の流出係数(中間値)
 市街地	0.65	資料①表-1「浸透面がある野外作業場等の間地を若干持つ工業用地域及び庭が若干ある住宅地域」の総合流出係数
 道路・鉄道用地	0.85	資料①表-2「道路」の流出係数の中間値

※資料①「都市計画法に基づく開発許可制度の解説 平成 27 年 10 月版」(次頁の表 2-2 3 参照)

※資料②「道路土工 - 排水工指針」(表 2-2 4 参照)

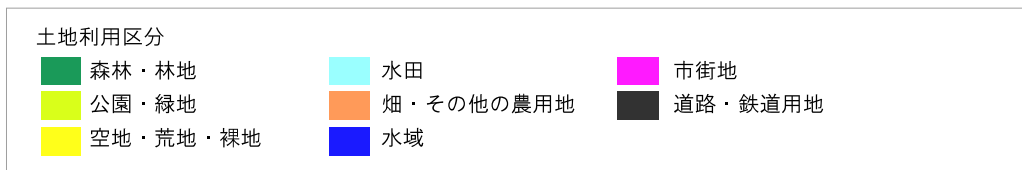
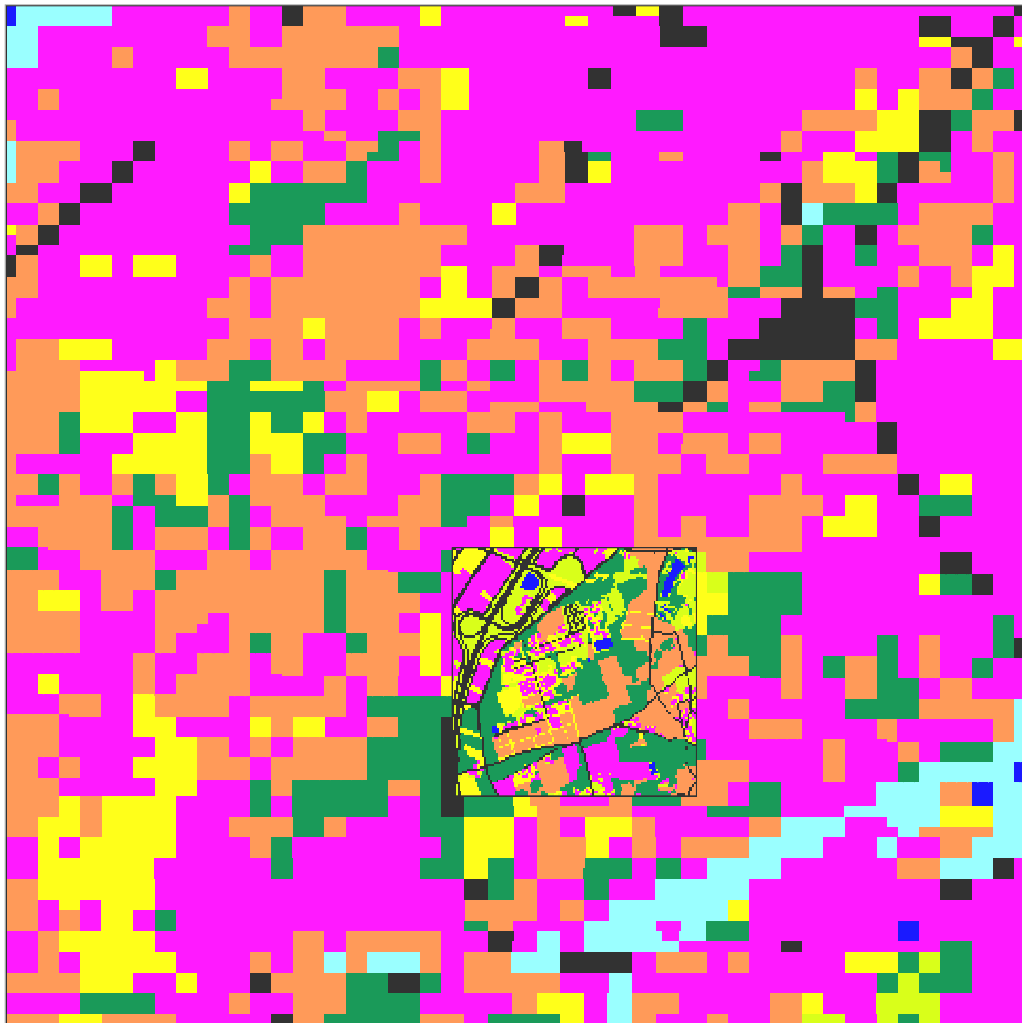


図 2-3 2 現況の土地利用区分（計画地及び計画地周辺） ※再掲

表 2-23 流出係数 (資料①)

資料：「都市計画法に基づく開発許可制度の解説（平成 27 年 10 月版）、埼玉県都市整備部都市計画課」に加筆

用途別総合流出係数標準値

用途別	総合流出係数
敷地内に間地が非常に少ない商業用地域及びこれに類似する住宅地域	0.80
浸透面がある野外作業場等の間地を若干持つ工業用地域及び庭が若干ある住宅地域	0.65
中高層住宅団地及び戸建て住宅の多い地域	0.50
庭園を多く持つ戸建て住宅地及び畑地等が比較的多く残る郊外地域	0.35

工種別基礎流出係数標準値

工種別	流出係数	中間値
屋根	0.85~0.95	0.90
道路	0.80~0.90	0.85
その他の不透水面	0.75~0.85	0.90
水面	1.00	1.00
透水性舗装	0.60~0.80	0.70
間地（空地）	0.10~0.30	0.20
芝・樹木の多い公園	0.05~0.25	0.15
勾配のゆるい山地	0.20~0.40	0.30
勾配の急な山地	0.40~0.60	0.50

※原則として中間値を用いるものとする。
 ただし、実験により開発計画の実状に合わせた具体的な数値が確認できる場合は、上表の範囲内で当該数値を用いることができる。

表 2-24 流出係数 (資料②)

資料：「道路土工 - 排水工指針、(公社)日本道路協会」に加筆)

地表面の種類		流出係数	中間値
路面	舗装	0.70~0.95	0.825
	砂利道	0.30~0.70	0.50
路肩・法面など	細粒度	0.40~0.65	0.525
	粗粒度	0.10~0.30	0.20
	硬岩	0.70~0.85	0.775
	軟岩	0.50~0.75	0.625
砂質土の芝生	勾配0~2%	0.05~0.10	0.075
	勾配2~7%	0.10~0.15	0.125
	勾配7%以上	0.15~0.20	0.175
粘性土の芝生	勾配0~2%	0.13~0.17	0.15
	勾配2~7%	0.18~0.22	0.20
	勾配7%以上	0.25~0.35	0.30
屋根		0.75~0.95	0.85
間地		0.20~0.40	0.30
芝・樹木の多い公園		0.10~0.25	0.175
勾配の緩い山地		0.20~0.40	0.30
勾配の急な山地		0.40~0.60	0.50
田・水面		0.70~0.80	0.75
畑		0.10~0.30	0.20

⑤ 地下水涵養量

①～④のとおり設定した条件のもと、タンクモデルにより地下水涵養量を推計した。

タンクモデルのパラメータは、地下水水位観測孔 No. 2 における地下水水位変化を検証データとして調整した。図 2-3 3 にタンクモデルによる検証結果を、図 2-3 4 に推計した地下水涵養量の変動図を示す。

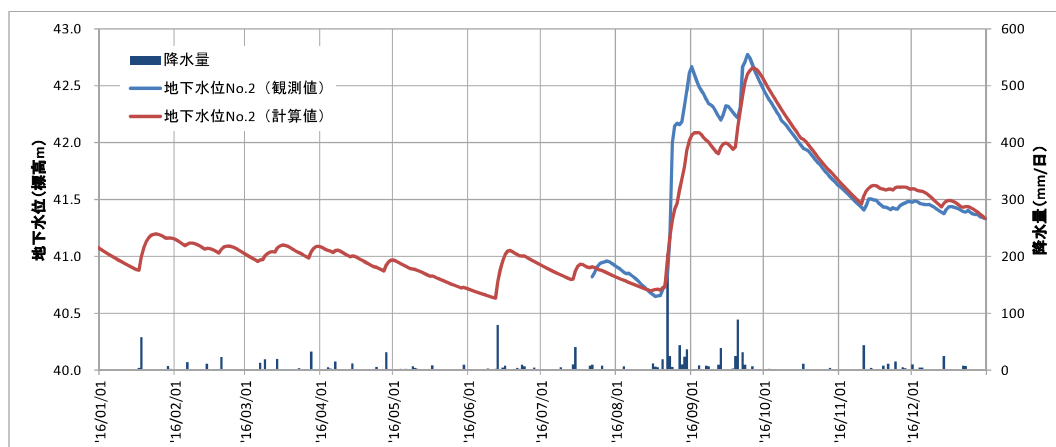


図 2-3 3 タンクモデルの地下水水位（観測孔 No. 2）による検証結果

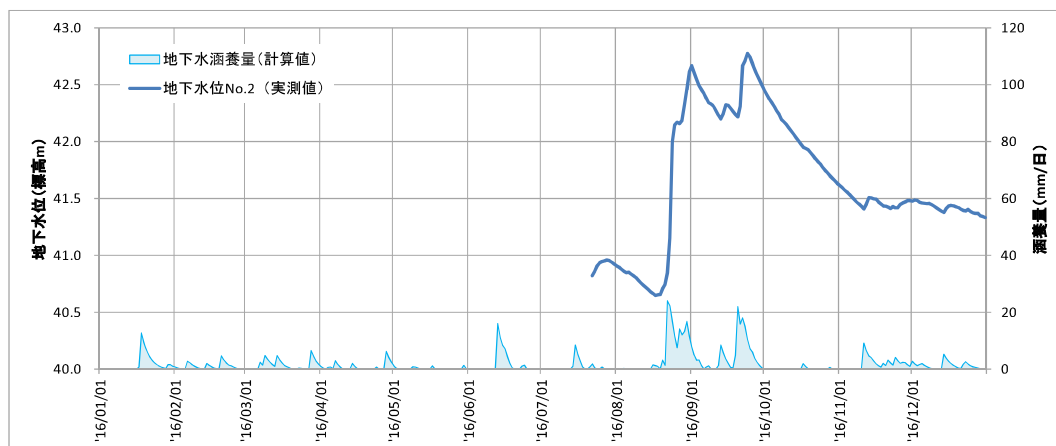


図 2-3 4 タンクモデルによる地下水涵養量の推計結果（観測孔 No. 2 地点）

4) 地下水流動解析モデルの検証

前出までの基本設計、地形地質条件、地下水涵養条件のもと、計画地範囲における地下水位の連続観測結果（観測孔 No. 1、No. 2）および湧水堰による湧水量の連続観測結果（湧水堰 No. 1、No. 2）の計算値と実測値を比較し、モデルの再現性を検証した。図 2-3 5 に地下水位の、図 2-3 6 に湧水量のモデル検証結果を示す。図 2-3 7 には計算値による地下水位等高線を示す。

地下水位については、観測孔 No. 2 において計算値の水位変動幅が実測値に比してやや小さいものの、観測孔 No. 1、観測孔 No. 2 のいずれも降雨に対する応答や水位レベルの再現性は高い。

湧水量については、流量の少ない期間の流量と降雨に対する応答に関し、計算値は実測値をよく再現している。しかし、多雨であった 8 月後半から 9 月末及びその影響が未だ残る 10 月の流量の多い期間の再現性は低い。この原因としては、モデル上では地下水が地表面に湧出したもののみを湧水量として扱っているのに対し、実測値は降水の直接流出や中間流出も含んでいるためと考えられる。

以上より、構築したモデルは、現況を良く再現できており造成計画に伴う土地利用状況の変更が、大谷川源流湧水に及ぼす影響を予測・評価するうえで支障ないものと判断した。

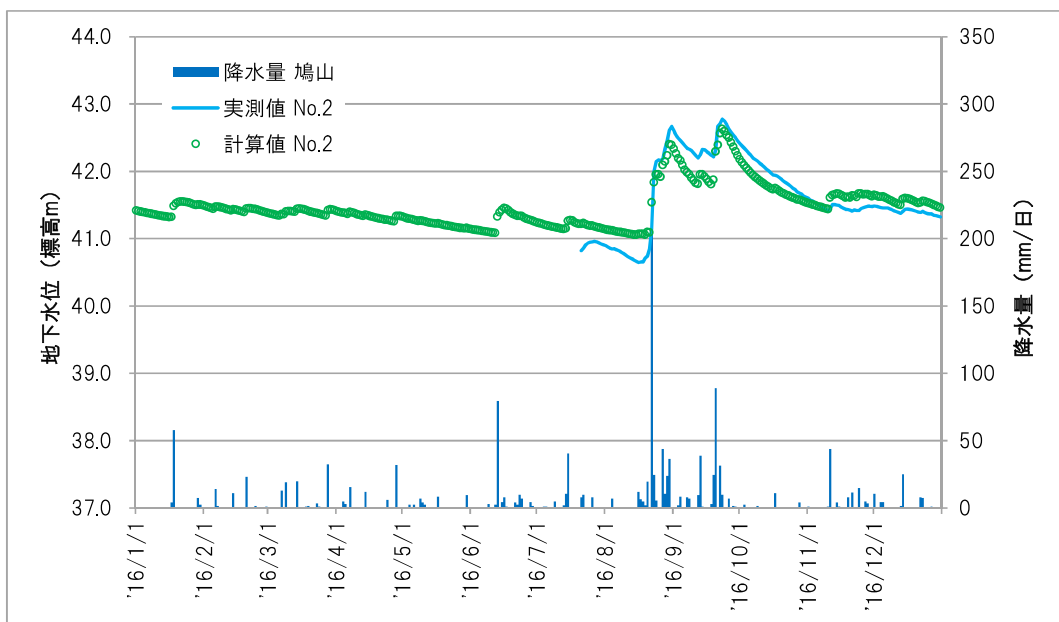
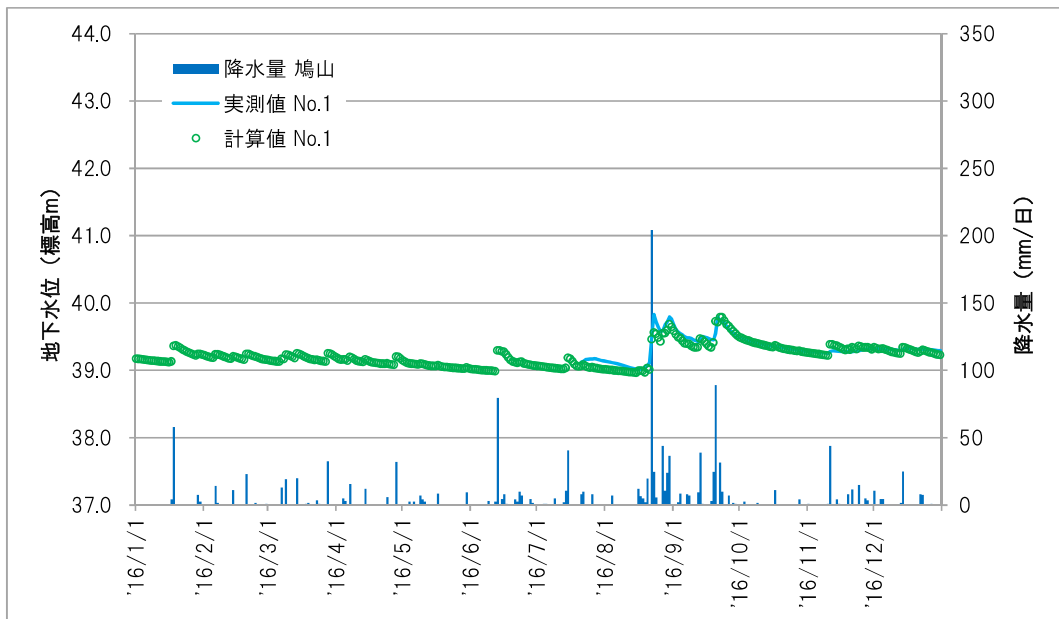


図 2-3 5 モデル検証結果 (地下水位の現況再現性の検証)

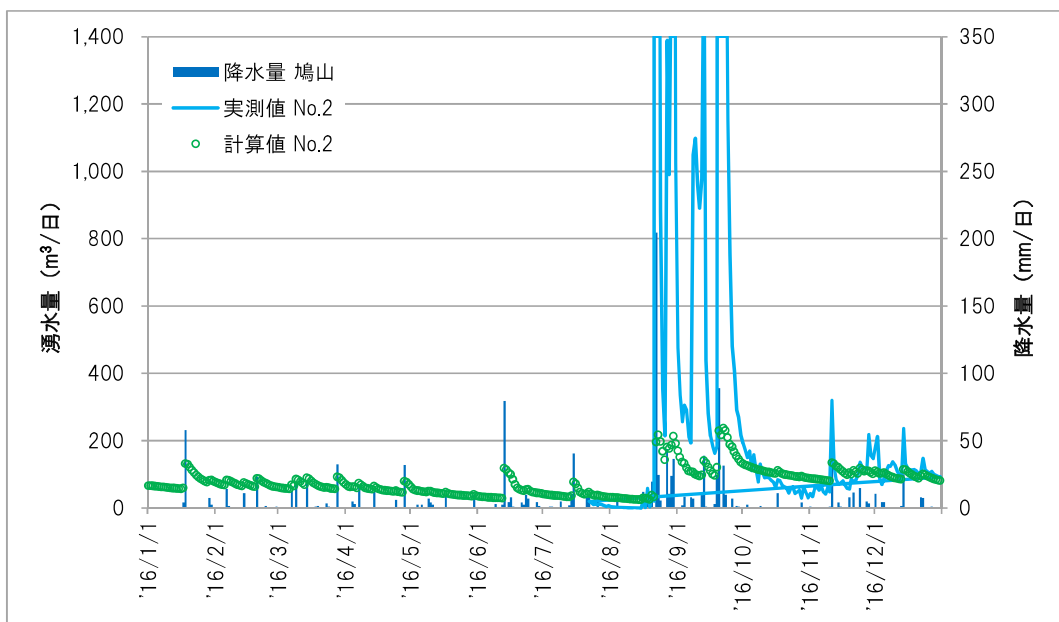
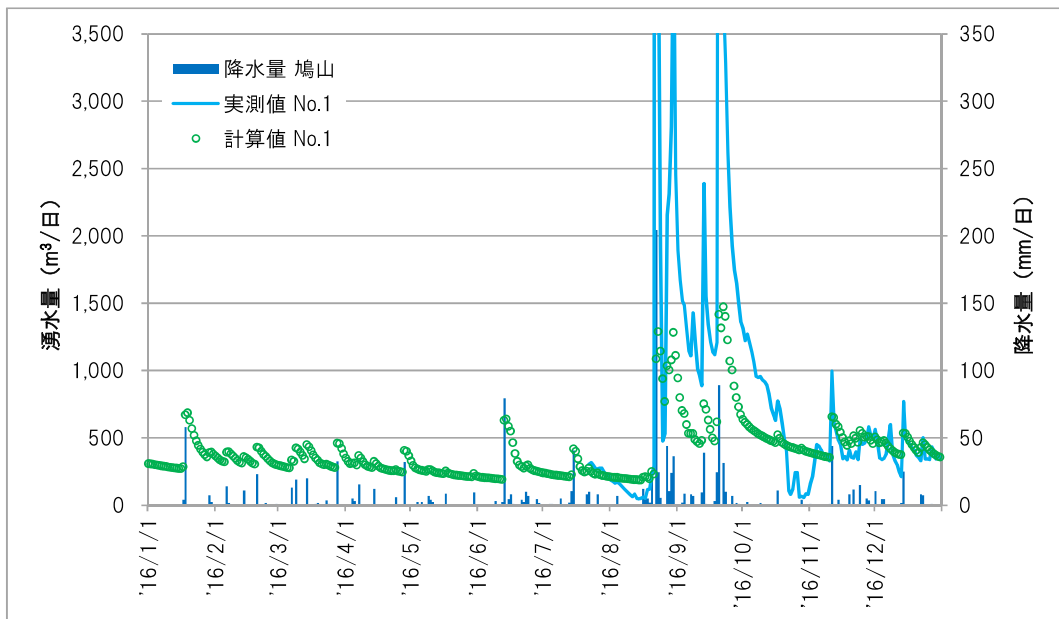
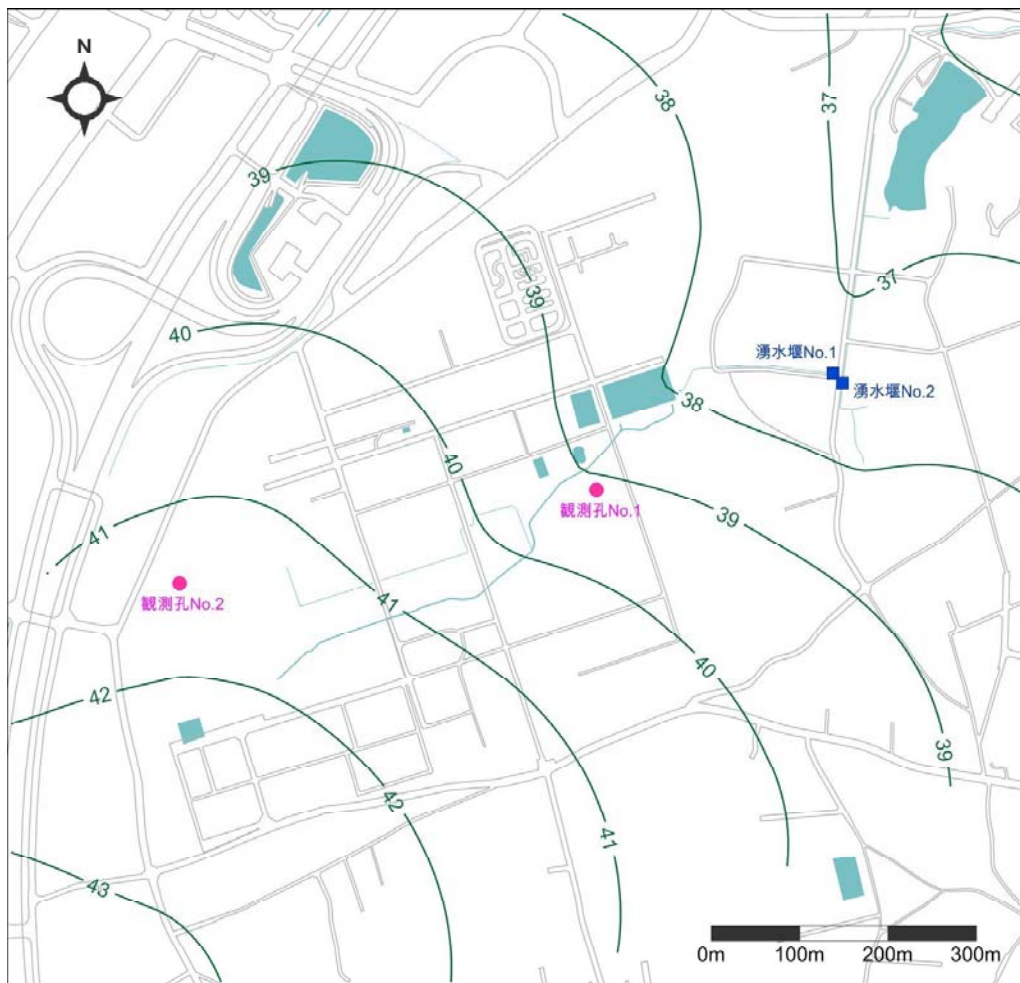


図 2-36 モデル検証結果 (湧水量の現況再現性の検証)



地下水位等高線(標高 m)
 — 40 — 現況ケース

図 2-37 地下水位等高線図 (計算値：現況 (H28/12/31))

2-5.対象計画実施に伴う影響予測・評価（湧水影響調査・解析）

ここでは、対象計画実施による湧水への影響を予測・評価した。また、計画実施にあたり、課題となる留意点を整理し、対応策を検討した。

以下に、検討方法と検討結果を述べる。

（1）検討方法

図 2-38 に示す造成計画に伴う土地利用状況の変更を予測条件として、「2-4 節 湧水機構検討」で構築した地下水流動解析モデルを用いて、影響予測・評価を実施した。また、比較対象として、計画地全域を分譲用地で被覆した場合についても、影響予測・評価した。

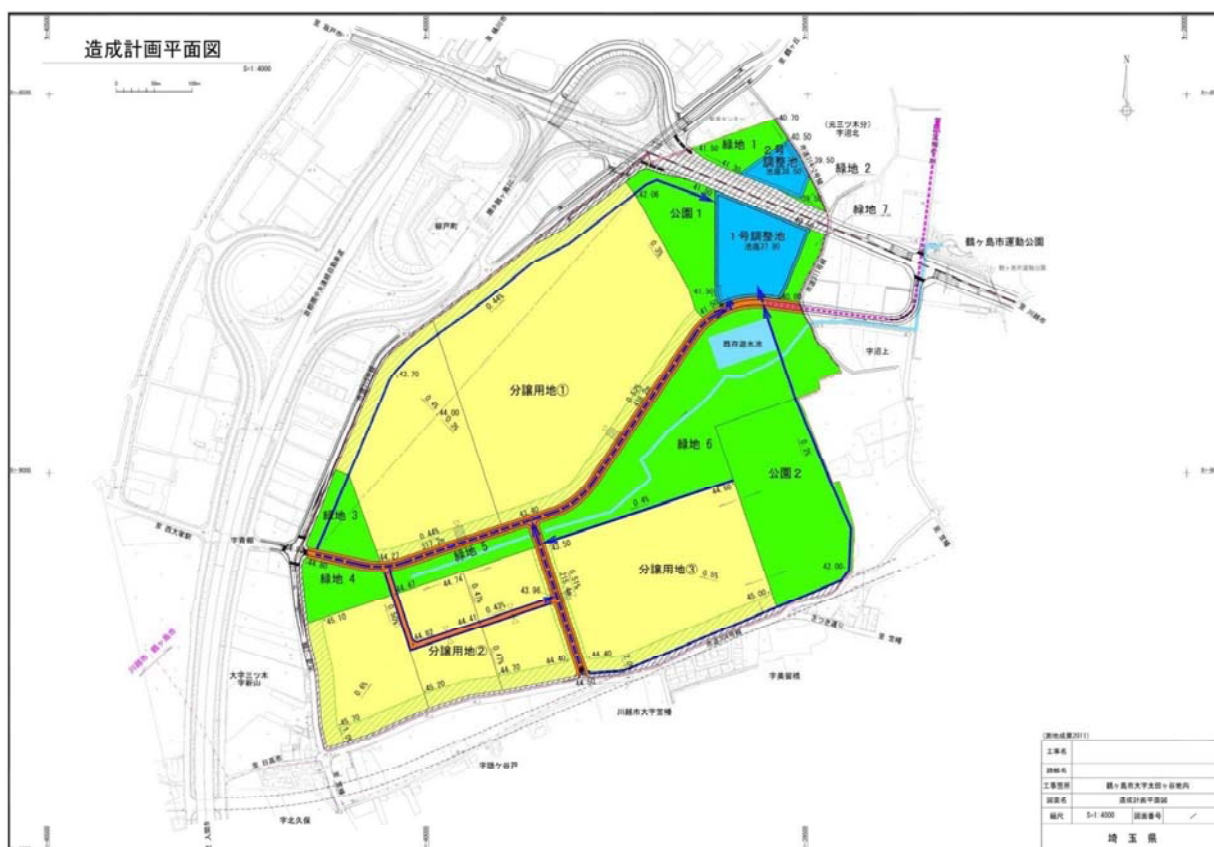


図 2-38 造成計画平面図

(2) 検討結果

1) 影響予測条件

① 計画ケース

図 2-38 に示す造成計画平面図をもとに、計画地の土地利用区分を図 2-39 のとおり設定した。分譲用地については、現時点で想定される用途から、“市街地”とした。この結果、現況(図 2-41)で大部分を占めた“畑・その他農用地”と“森林・林地”は、それぞれ 1,105 a、771 a 減少し、“空地・荒地・裸地”も 590 a 減少する。









なお、調整池については、周辺の地下水と連絡しない構造をとることから、同範囲の透水係数(鉛直方向では地表より標高約 38m まで)を十分に小さい値に設定した(表 2-17 参照)。

② 最大影響ケース

計画地の土地利用区分を図 2-40 のとおり設定した。調整池以外はすべて分譲用地になるものとして“市街地”とした。この結果、現況(図 2-41)で大部分を占めた“畑・その他農用地”と“森林・林地”は、それぞれ 1,105 a、1,191 a 減少し、“空地・荒地・裸地”と“公園・緑地”もそれぞれ 590 a、511 a 減少する。

なお、調整池の透水係数設定については、計画ケースと同じである。

表 2-25 モデル検証・予測範囲における土地利用区分毎の解析格子数

土地利用区分	現況 ケース	計画 ケース		影響最大 ケース	
	(a)	(a)	(現況との差a)	(a)	(現況との差a)
 森林・林地	3,148	2,377	-771	1,957	-1,191
 公園・緑地	1,842	1,990	148	1,331	-511
 空地・荒地・裸地	1,210	620	-590	620	-590
 水田	0	0	0	0	0
 畑・その他の農用地	2,530	1,425	-1,105	1,425	-1,105
 水域	190	347	157	347	157
 市街地	2,081	3,965	1,884	5,044	2,963
 道路・鉄道用地	1,649	1,926	277	1,926	277
(合計)	12,650	12,650		12,650	

(計画地範囲の解析格子1つの面積 = 10m×10m = 100m² = 10a)

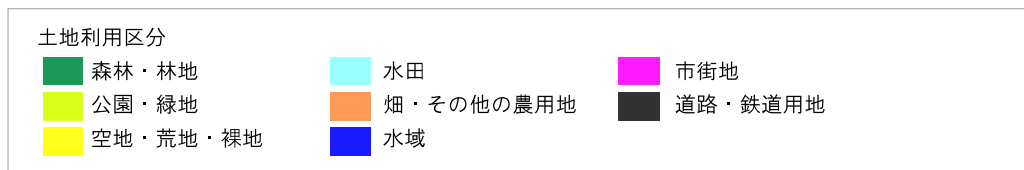
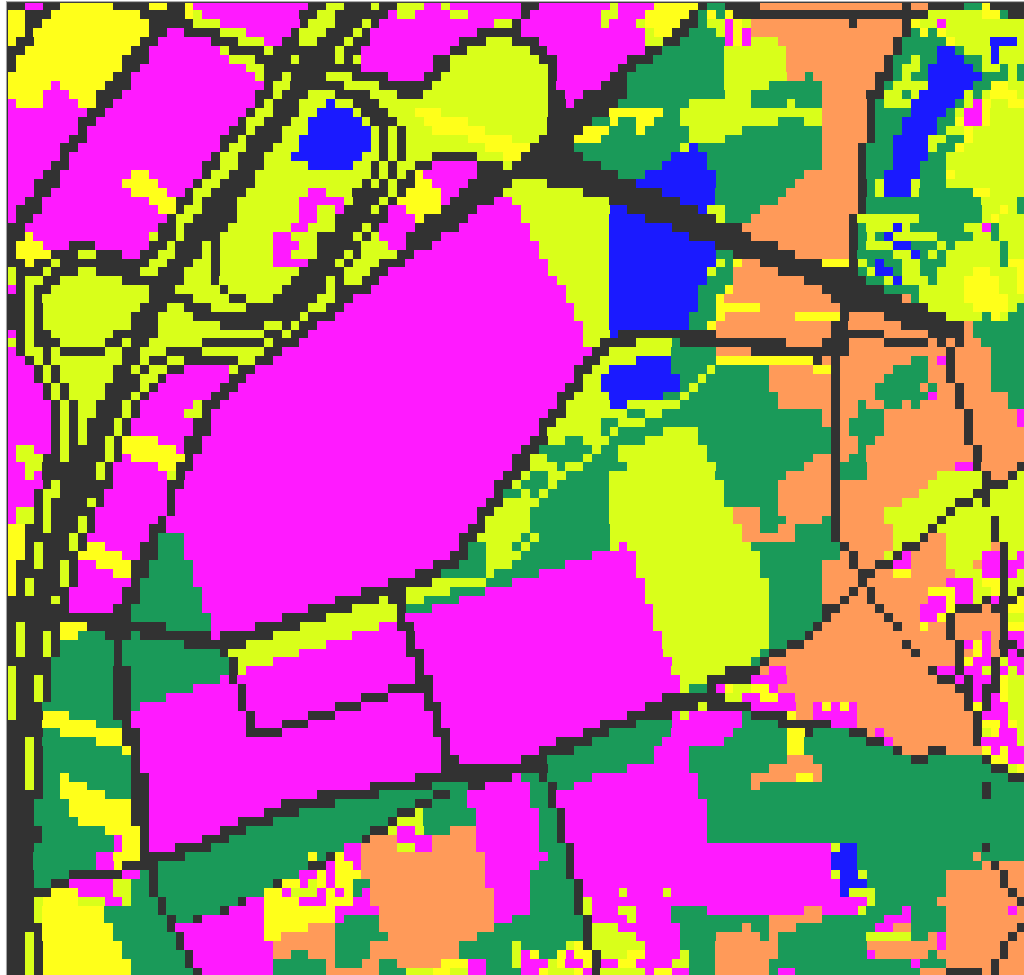


図 2-3 9 計画ケースの土地利用区分 (計画地範囲)

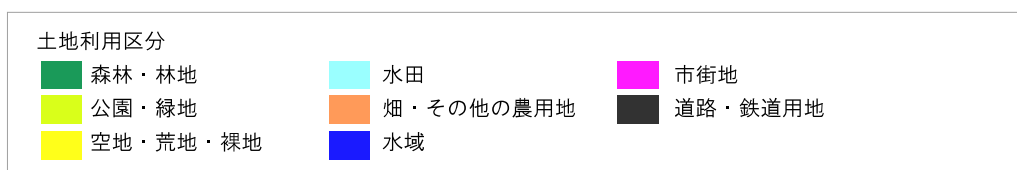
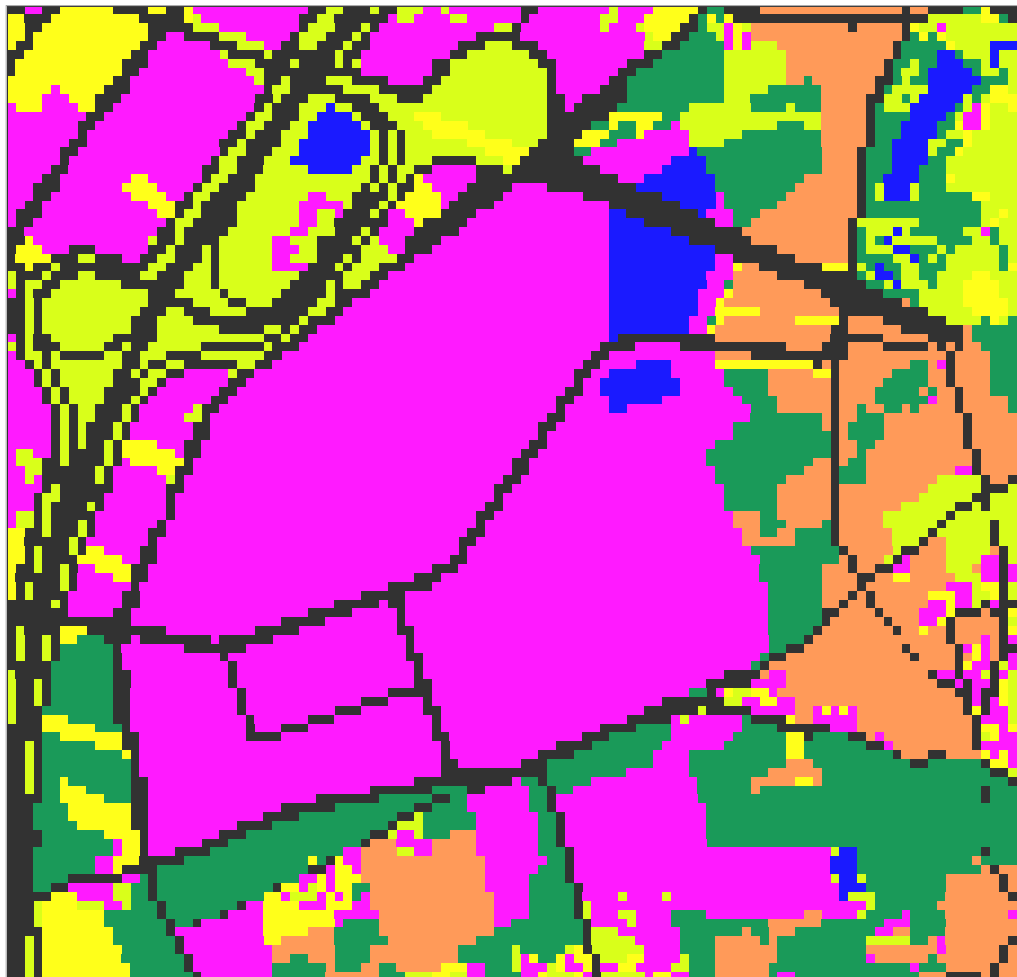


図 2-40 最大影響ケースの土地利用区分（計画地範囲）

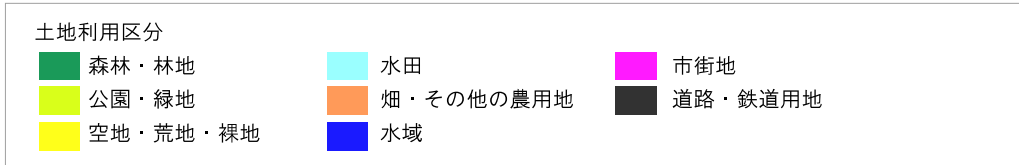
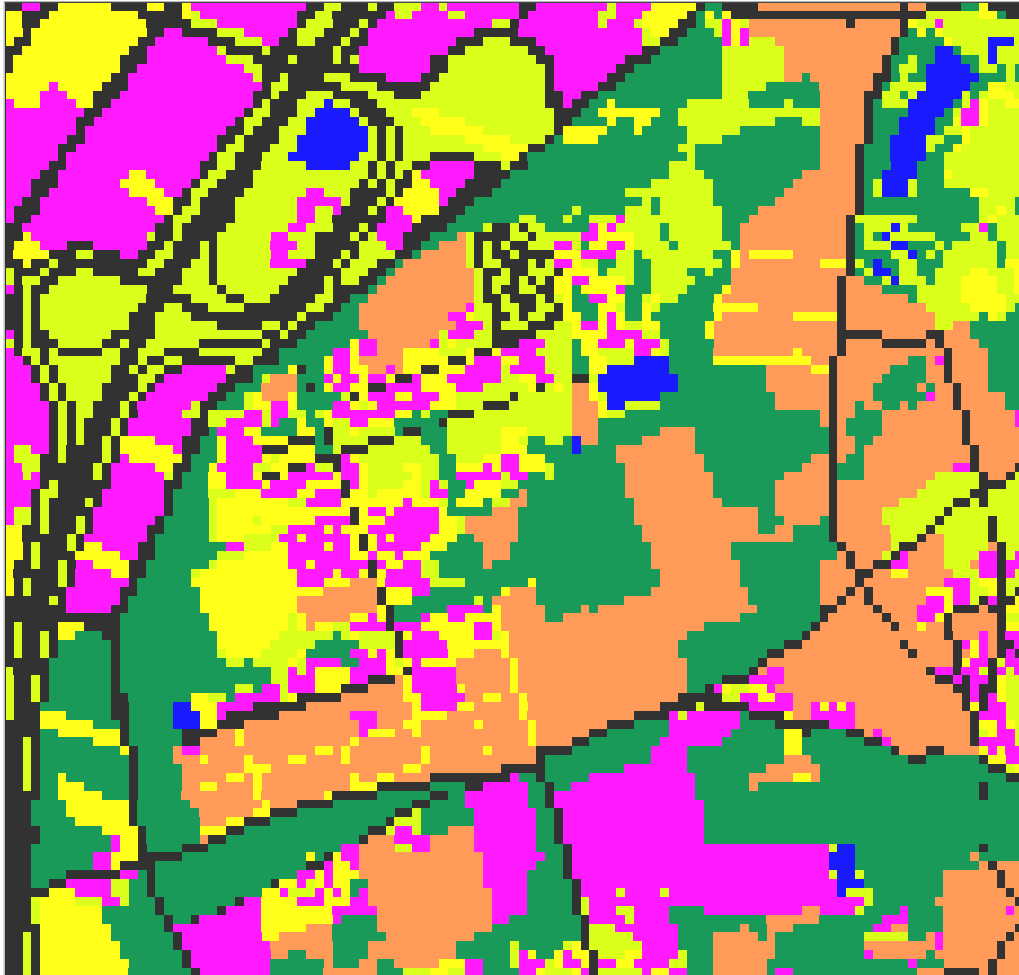


図 2-4 1 現況の土地利用区分（計画地範囲） ※再掲

2) 影響予測・評価結果

湧水への影響予測結果を図 2-4 2 に、同図をもとに月別の湧水量の現況との差及び減少率をまとめたものを図 2-4 3～図 2-4 5、季節別の湧水量の現況との差及び減少率をまとめたものを図 2-4 6～図 2-4 8 に示す。図 2-4 9～図 2-5 1 には、各ケースの地下水位等高線と現況との差分（地下水位低下量）を示す。

湧水への影響を年平均値で評価すると、次のようになる。

<計画ケース>		
・大谷川源流湧水量（湧水堰 No. 1）	：	年平均で現況より 22.5%減少
・滝島井戸湧水量（湧水堰 No. 2）	：	〃 5.6%減少
・全体の湧水量	：	〃 19.8%減少
<最大影響ケース>		
・大谷川源流湧水量（湧水堰 No. 1）	：	年平均で現況より 39.1%減少
・滝島井戸湧水量（湧水堰 No. 2）	：	〃 14.1%減少
・全体の湧水量	：	〃 35.0%減少

現況と2つの予測ケースの違いは、土地利用の変更に伴う地下水涵養量の減少と調整池の存在である。

調整池は、その底面位置の計画深度（標高約 38m）より、主要な帯水層である第一礫質土層に及んでいないことから、地下水への影響はほとんどない。よって、予測結果における湧水量の減少理由は、土地利用の変更に伴う地下水涵養量の減少といえる。しかし、計画ケースでの年平均湧水量の減少は、湧水堰 No. 1 で 22.5%、湧水堰 No. 2 で 5.6%にとどまり、最大影響ケースでも完全に枯渇することはない。

以上より、造成計画実施により流量の減少は免れないものの、枯渇の恐れはないと評価できる。

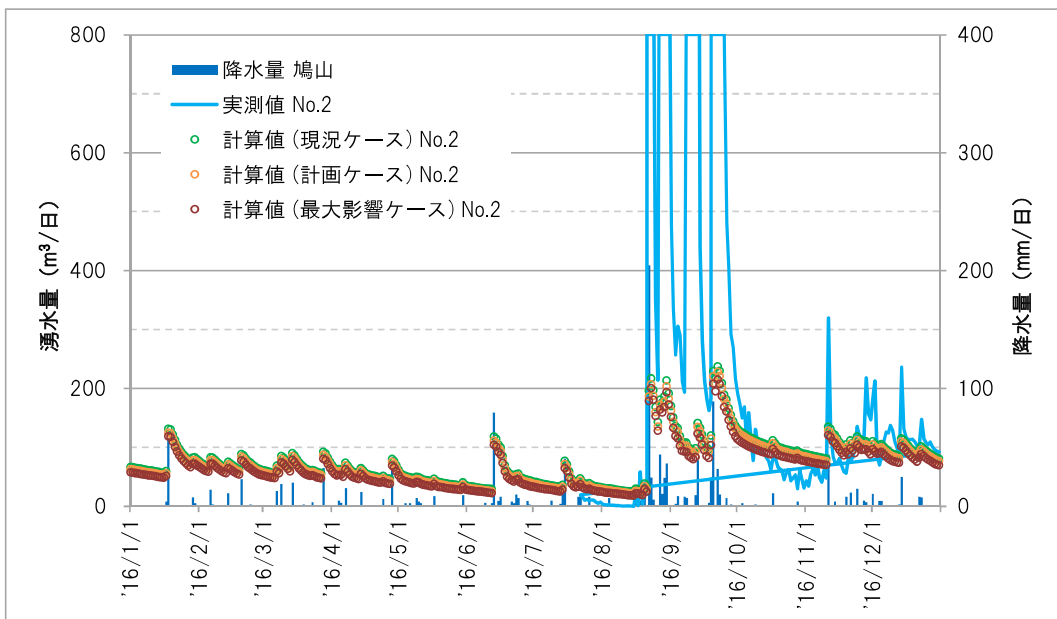
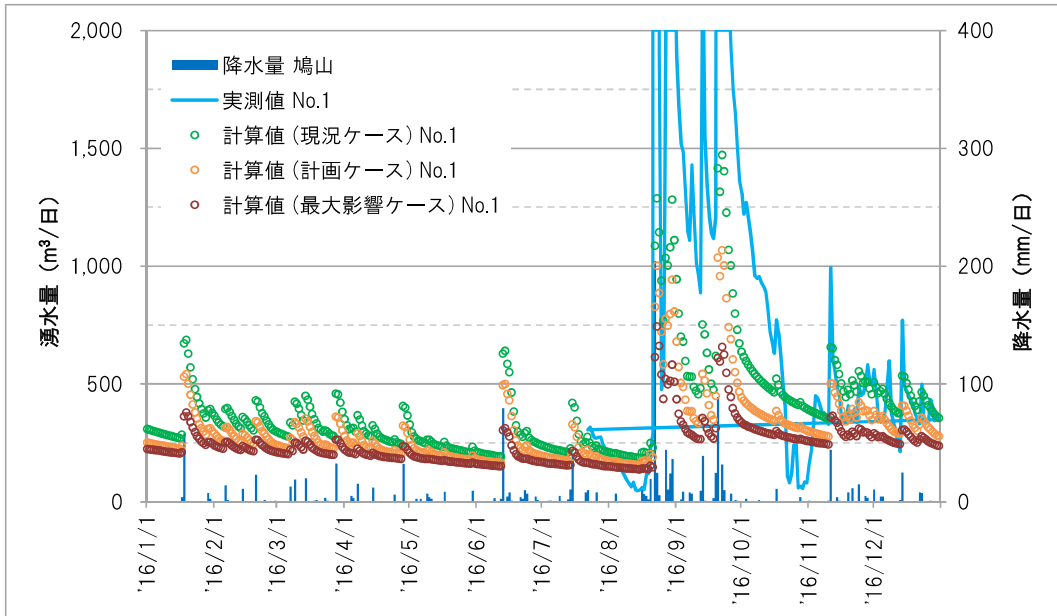


図 2-4 2 湧水量の予測結果 (計画ケースと最大影響ケース)

	流量観測堰 No. 1						
	現況 ケース	計画 ケース			最大影響 ケース		
(2016年)	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)
1月平均	373.0	301.0	-72.0	-19.3	248.7	-124.3	-33.3
2月平均	348.0	279.0	-69.0	-19.8	231.5	-116.4	-33.5
3月平均	345.6	276.4	-69.2	-20.0	222.8	-122.8	-35.5
4月平均	300.3	242.2	-58.2	-19.4	201.3	-99.0	-33.0
5月平均	241.5	200.8	-40.7	-16.8	175.3	-66.2	-27.4
6月平均	297.6	241.3	-56.3	-18.9	188.6	-109.0	-36.6
7月平均	245.7	200.4	-45.2	-18.4	164.2	-81.5	-33.2
8月平均	482.5	373.9	-108.6	-22.5	277.4	-205.2	-42.5
9月平均	780.9	558.6	-222.3	-28.5	376.3	-404.5	-51.8
10月平均	486.6	356.0	-130.6	-26.8	289.0	-197.6	-40.6
11月平均	469.3	360.4	-108.9	-23.2	284.5	-184.8	-39.4
12月平均	431.7	330.9	-100.9	-23.4	264.8	-167.0	-38.7
年平均	399.8	309.8	-90.0	-22.5	243.6	-156.3	-39.1

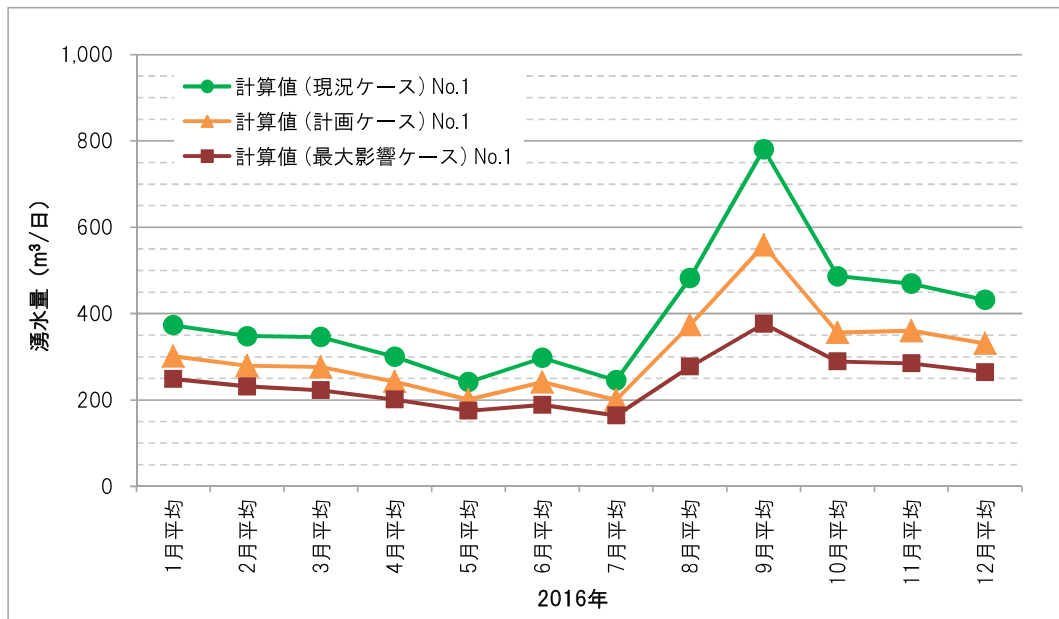


図 2-4 3 月別の平均湧水量差 (計算値) No. 1

	流量観測堰 No. 2						
	現況 ケース	計画 ケース			最大影響 ケース		
(2016年)	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)
1月平均	77.2	73.0	-4.3	-5.5	67.5	-9.8	-12.6
2月平均	72.0	68.0	-4.0	-5.6	62.1	-9.9	-13.7
3月平均	69.4	65.4	-4.1	-5.9	59.5	-10.0	-14.4
4月平均	58.9	55.1	-3.8	-6.5	49.3	-9.5	-16.2
5月平均	43.6	40.1	-3.5	-8.0	35.3	-8.3	-19.1
6月平均	52.1	48.3	-3.9	-7.4	43.2	-8.9	-17.2
7月平均	40.5	37.0	-3.5	-8.7	31.9	-8.7	-21.4
8月平均	79.3	74.3	-5.0	-6.3	69.0	-10.4	-13.1
9月平均	144.3	138.0	-6.4	-4.4	126.7	-17.7	-12.2
10月平均	105.6	101.0	-4.6	-4.4	91.1	-14.6	-13.8
11月平均	102.2	97.1	-5.1	-5.0	89.6	-12.6	-12.3
12月平均	95.7	90.8	-4.9	-5.1	83.0	-12.7	-13.3
年平均	78.3	73.9	-4.4	-5.6	67.3	-11.1	-14.1

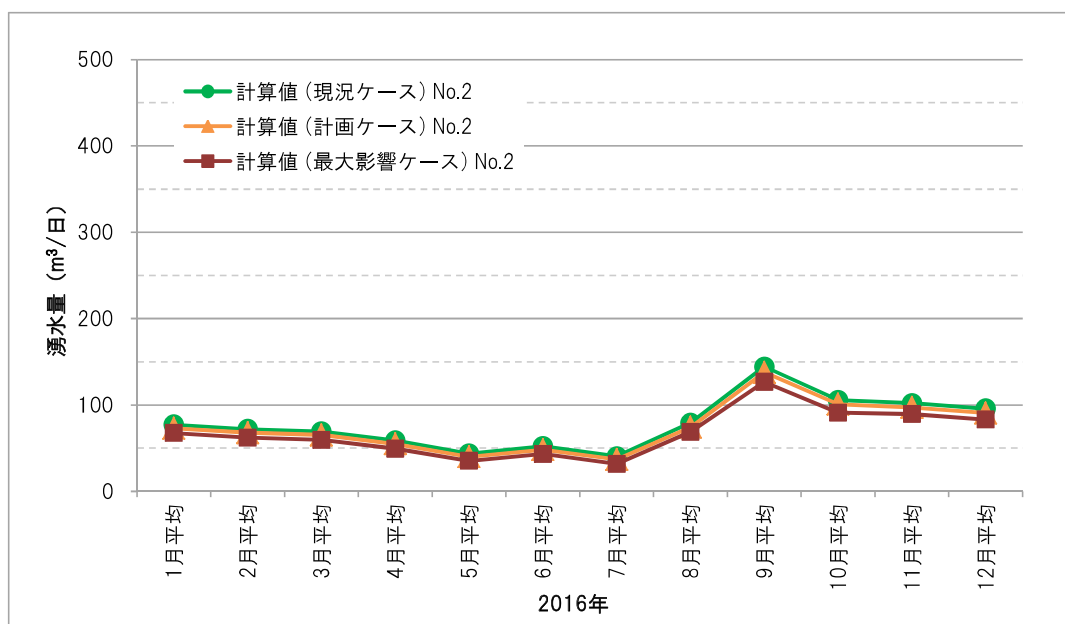


図 2-4-4 月別の平均湧水量差(計算値) No. 2

	流量観測堰 No. 1 + No. 2						
	現況 ケース	計画 ケース			最大影響 ケース		
(2016年)	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)
1月平均	450.3	374.0	-76.3	-16.9	316.2	-134.1	-29.8
2月平均	420.0	347.0	-73.0	-17.4	293.7	-126.3	-30.1
3月平均	415.1	341.7	-73.3	-17.7	282.3	-132.8	-32.0
4月平均	359.2	297.2	-62.0	-17.2	250.7	-108.5	-30.2
5月平均	285.1	240.9	-44.2	-15.5	210.6	-74.5	-26.1
6月平均	349.7	289.6	-60.2	-17.2	231.8	-117.9	-33.7
7月平均	286.2	237.4	-48.8	-17.0	196.0	-90.2	-31.5
8月平均	561.9	448.2	-113.7	-20.2	346.3	-215.5	-38.4
9月平均	925.2	696.5	-228.7	-24.7	503.0	-422.2	-45.6
10月平均	592.2	457.1	-135.2	-22.8	380.0	-212.2	-35.8
11月平均	571.5	457.5	-114.0	-19.9	374.0	-197.4	-34.5
12月平均	527.4	421.6	-105.8	-20.1	347.7	-179.7	-34.1
年平均	478.2	383.7	-94.5	-19.8	310.8	-167.4	-35.0

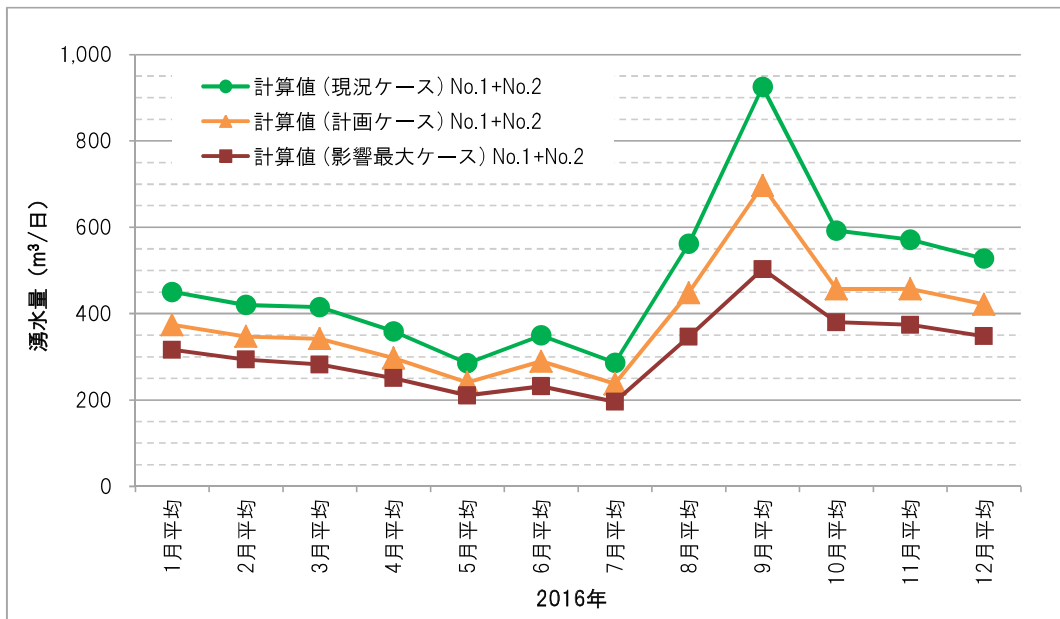


図 2-4 5 月別の平均湧水量差 (計算値) No. 1 と No. 2 の合計

	流量観測堰 No. 1							備考
	現況 ケース	計画 ケース			最大影響 ケース			
(2016年)	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)	
春平均	295.8	239.8	-56.0	-18.9	199.8	-96.0	-32.4	3, 4, 5月の平均
夏平均	342.4	272.2	-70.2	-20.5	210.3	-132.1	-38.6	6, 7, 8月 "
秋平均	577.9	424.2	-153.7	-26.6	316.3	-261.6	-45.3	9, 10, 11月 "
冬平均	385.0	304.2	-80.9	-21.0	248.7	-136.3	-35.4	1, 2, 12月 "
年平均	399.8	309.8	-90.0	-22.5	243.6	-156.3	-39.1	

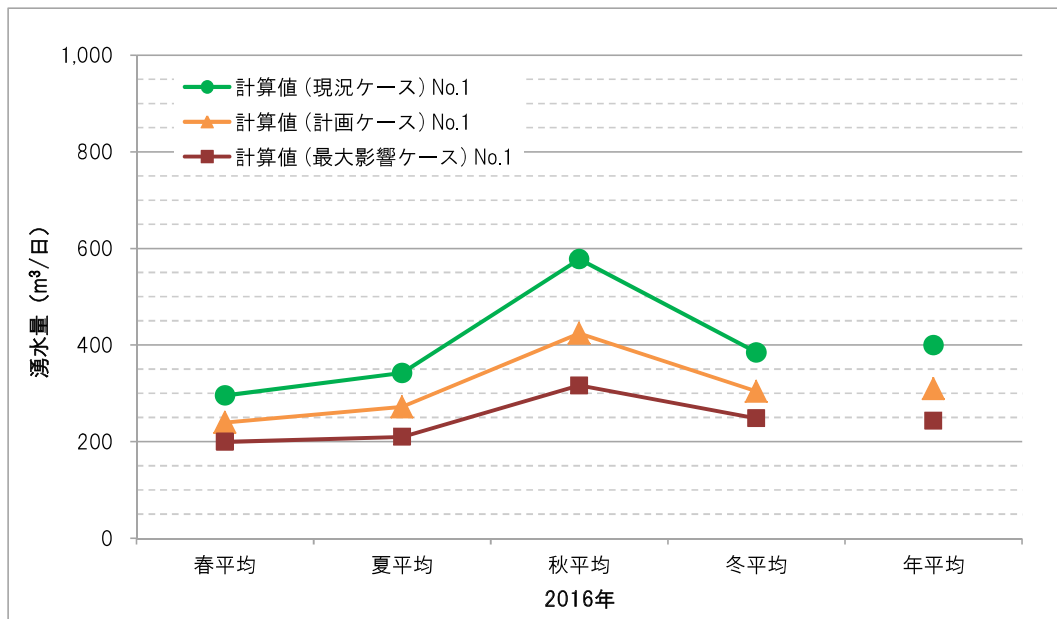


図 2-4 6 季節別および年間の平均湧水量差 (計算値) No. 1

	流量観測堰 No. 2							備考
	現況 ケース	計画 ケース			最大影響 ケース			
	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)	
(2016年)								
春平均	57.3	53.5	-3.8	-6.6	48.0	-9.3	-16.2	3, 4, 5月の平均
夏平均	57.4	53.2	-4.1	-7.2	48.0	-9.3	-16.3	6, 7, 8月 "
秋平均	117.3	111.9	-5.3	-4.6	102.3	-14.9	-12.7	9, 10, 11月 "
冬平均	81.8	77.4	-4.4	-5.4	71.1	-10.8	-13.2	1, 2, 12月 "
年平均	78.3	73.9	-4.4	-5.6	67.3	-11.1	-14.1	

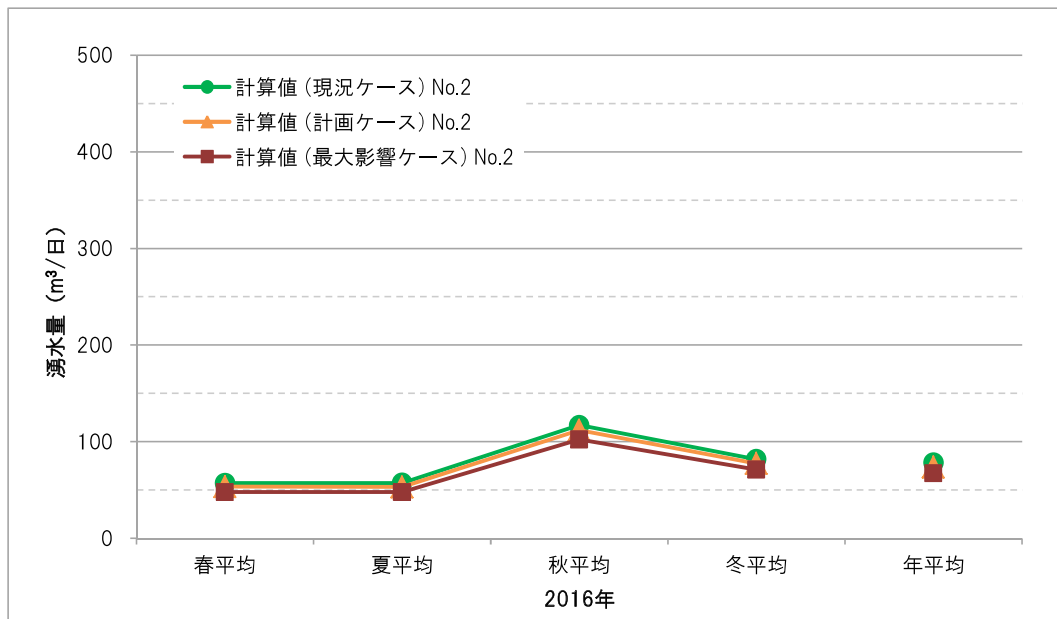


図 2-47 季節別および年間の平均湧水量差（計算値）No. 2

	流量観測堰 No. 1 + No. 2							備考
	現況 ケース	計画 ケース			最大影響 ケース			
	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)	(m ³ /日)	(現況との差 m ³ /日)	(現況からの減少%)	
(2016年)								
春平均	353.0	293.2	-59.8	-16.9	247.8	-105.2	-29.8	3.4, 5月の平均
夏平均	399.8	325.4	-74.4	-18.6	258.3	-141.5	-35.4	6.7, 8月 "
秋平均	695.1	536.1	-159.0	-22.9	418.6	-276.5	-39.8	9.10, 11月 "
冬平均	466.9	381.6	-85.3	-18.3	319.8	-147.1	-31.5	1.2, 12月 "
年平均	478.2	383.7	-94.5	-19.8	310.8	-167.4	-35.0	

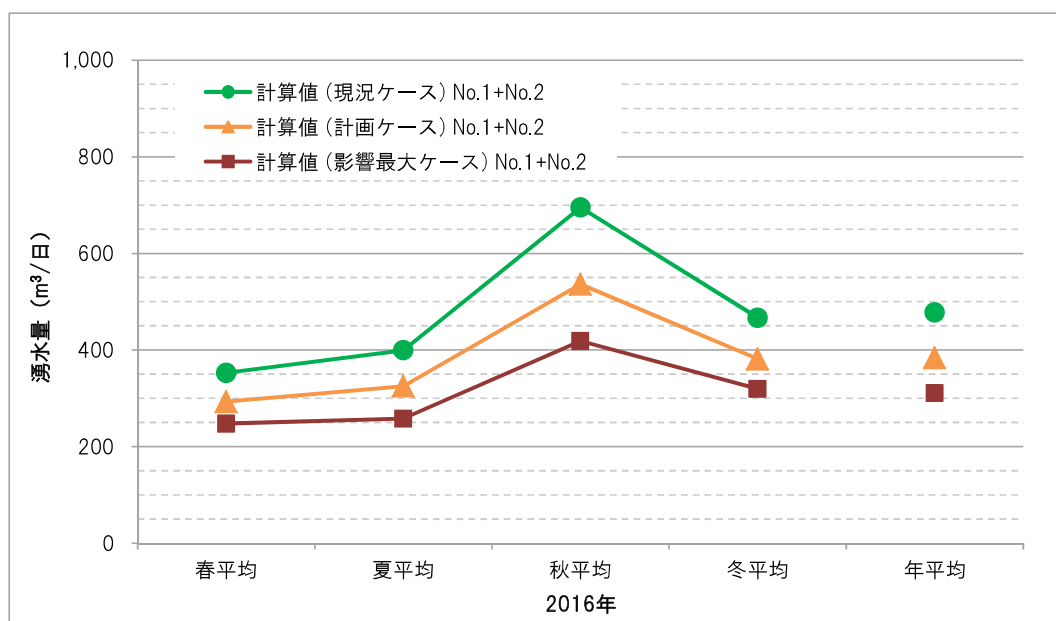
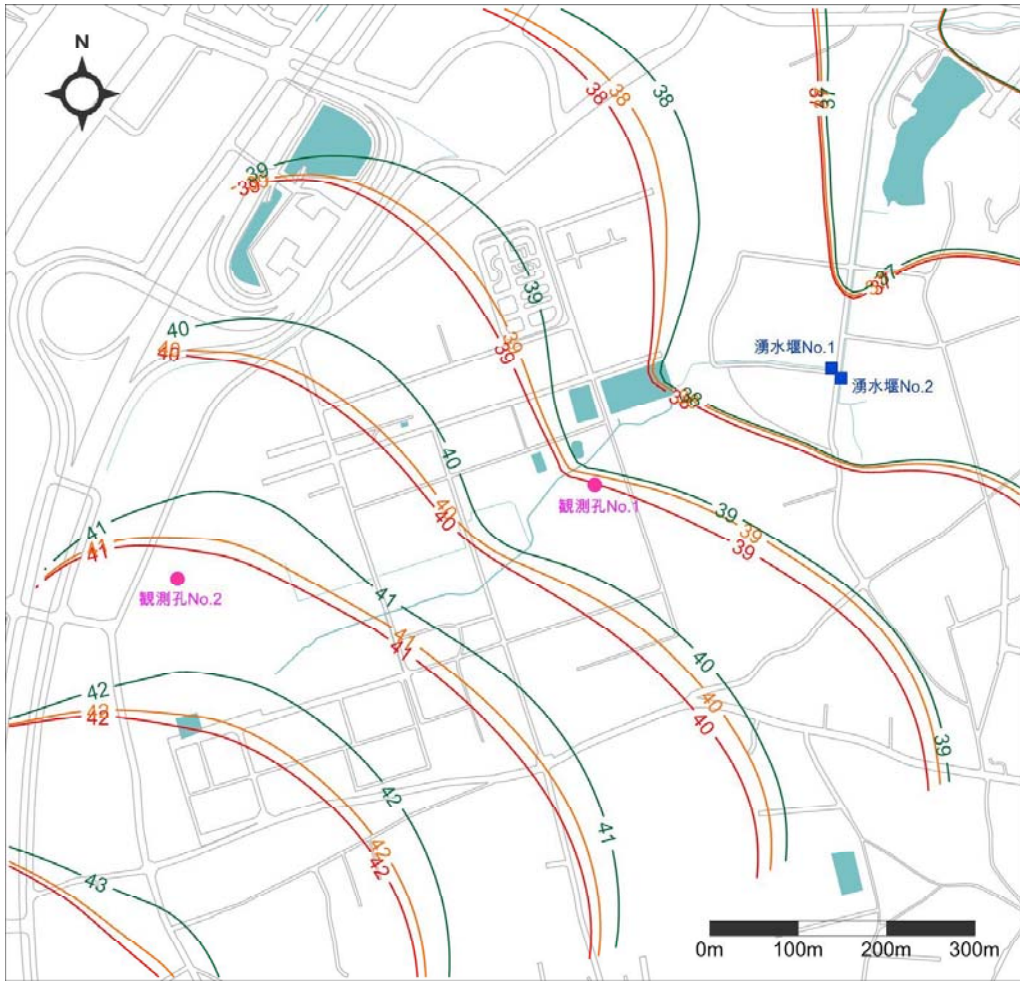


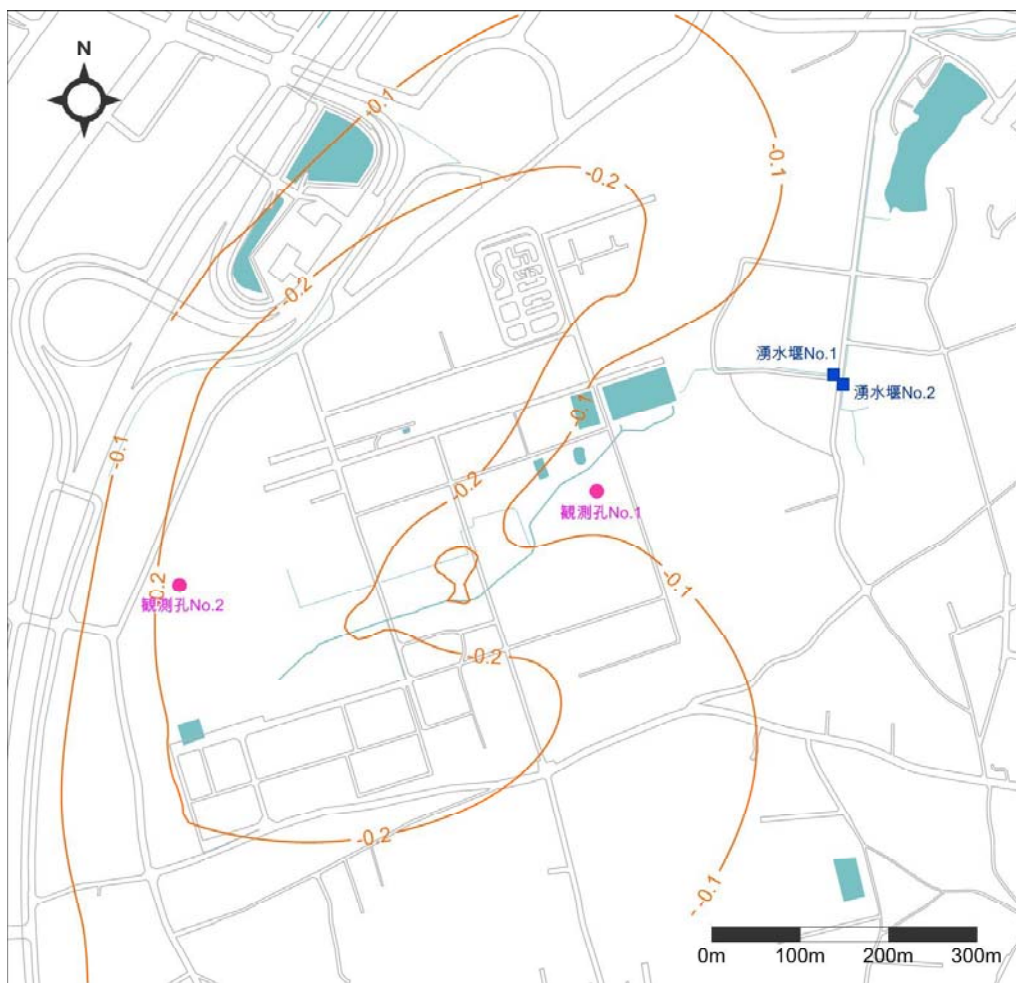
図 2-4 8 季節別および年間の平均湧水量差 (計算値) No. 1 と No. 2 の合計



地下水位等高線 (標高 m)

— 40 —	— 40 —	— 40 —
現況ケース	計画ケース	最大影響ケース

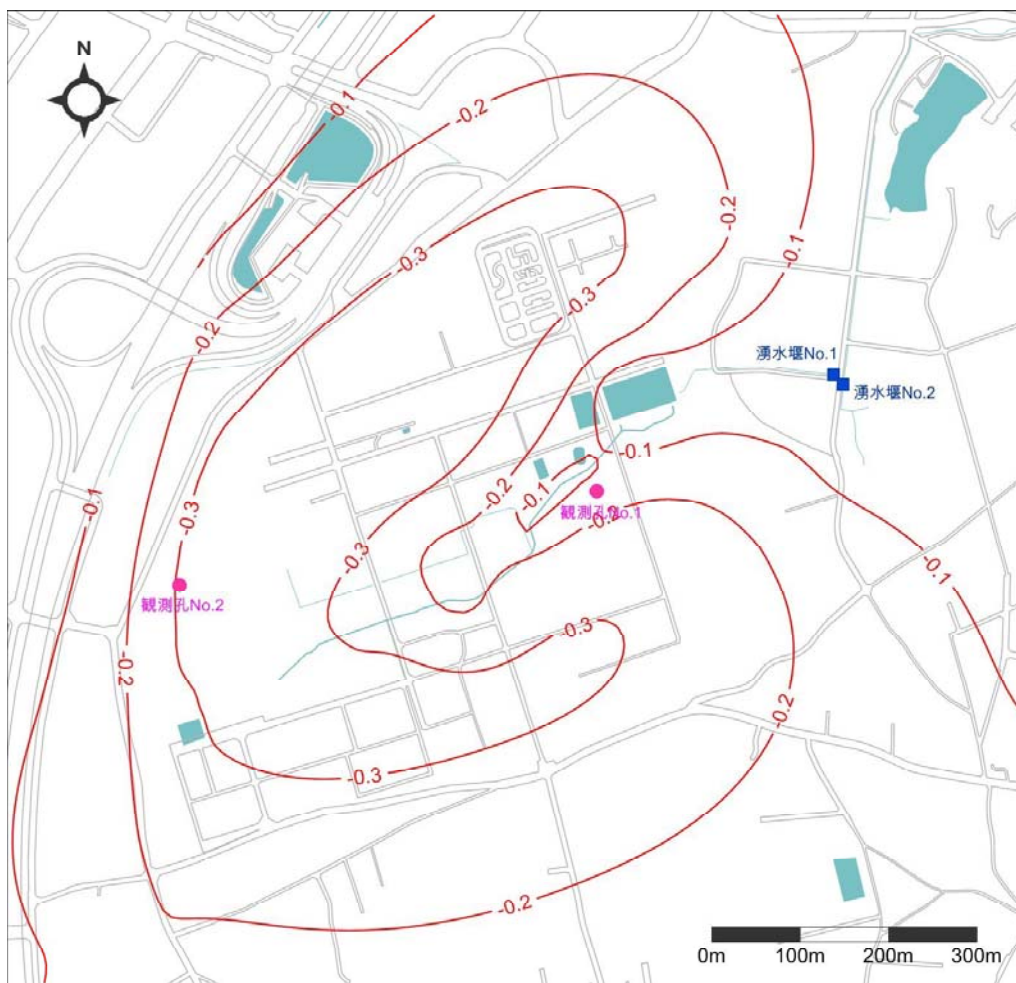
図 2-4 9 地下水位等高線図 (計算値 : H28/12/31)



地下水位差等値線 (m)

— -0.2 — 現況ケースと計画ケースの差 (計画ケース地下水位 - 現況ケース地下水位)

図 2-5 0 地下水位差等値線 (計算値 : 現況と計画ケースの差)



地下水位差等値線 (m)

— -0.2 — 現況ケースと最大影響ケースの差 (最大影響ケース地下水位 - 現況ケース地下水位)

図 2-5 1 地下水位差等値線 (計算値 : 現況と最大影響ケースの差)