


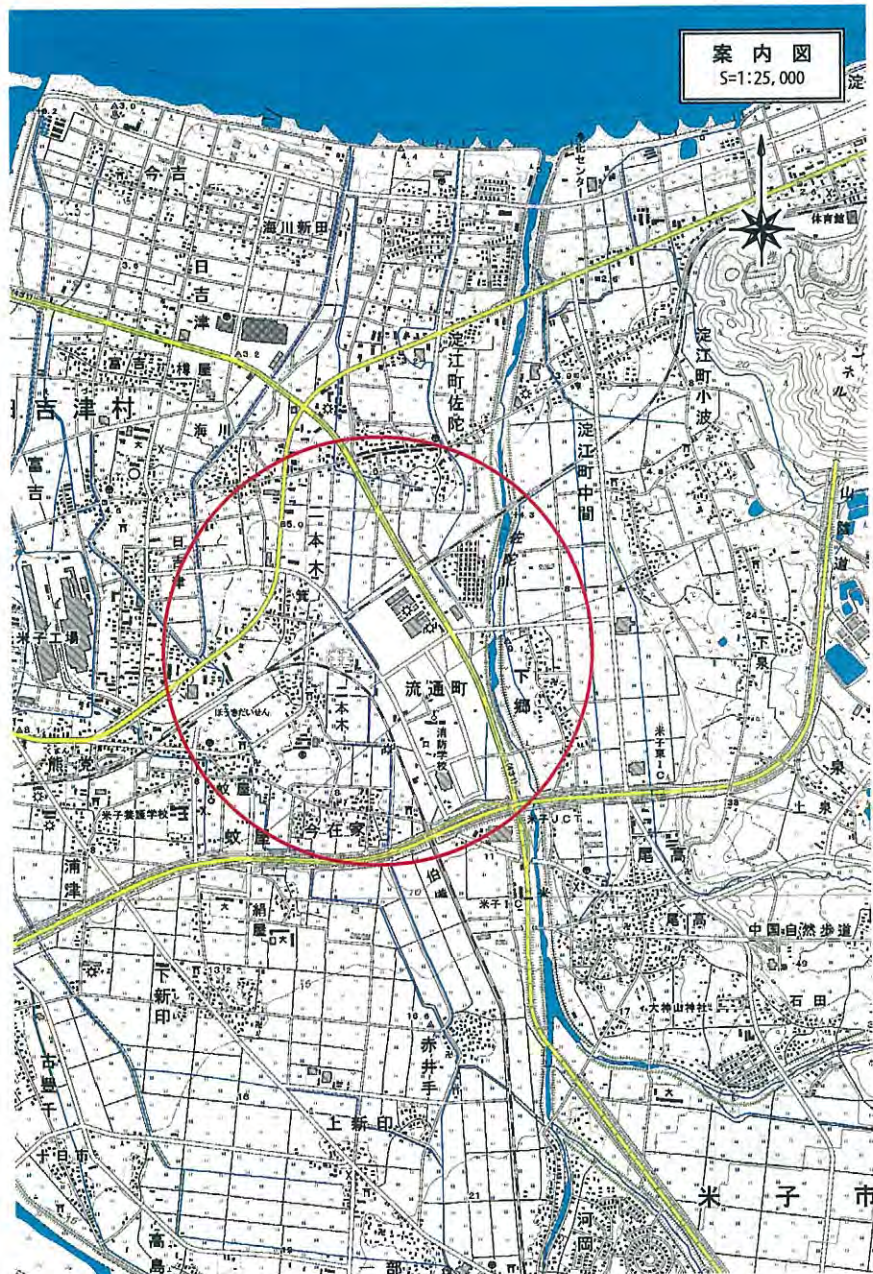
米子市二本木地区工場用地造成事業に伴う
二本木地区水文調査及び地盤高観測業務委託

報告書（簡易版）

平成25年10月

米子市土地開発公社
米子市経済部経済戦略課
 株式会社 ウエスコ

WESCO



「米子市二本木地区工場用地造成事業に伴う二本木地区水文調査及び地盤高観測業務委託」において、2012年6月から2013年6月までの水文調査および地盤高観測の結果について報告を行う。

~~~~~ 目 次 ~~~~~

|                    |    |
|--------------------|----|
| 1. 業務概要            | 1  |
| 2. 観測結果            | 1  |
| 2.1. 水準測量結果        | 1  |
| 2.2. 水位・雨量・積雪量観測結果 | 6  |
| 2.3. 河川水位結果        | 10 |
| 2.4. 水質試験結果        | 11 |
| 3. 総合解析            | 12 |
| 3.1. 総合水文地質解析      | 12 |
| 3.2. 影響解析          | 19 |
| 4. まとめ             | 33 |

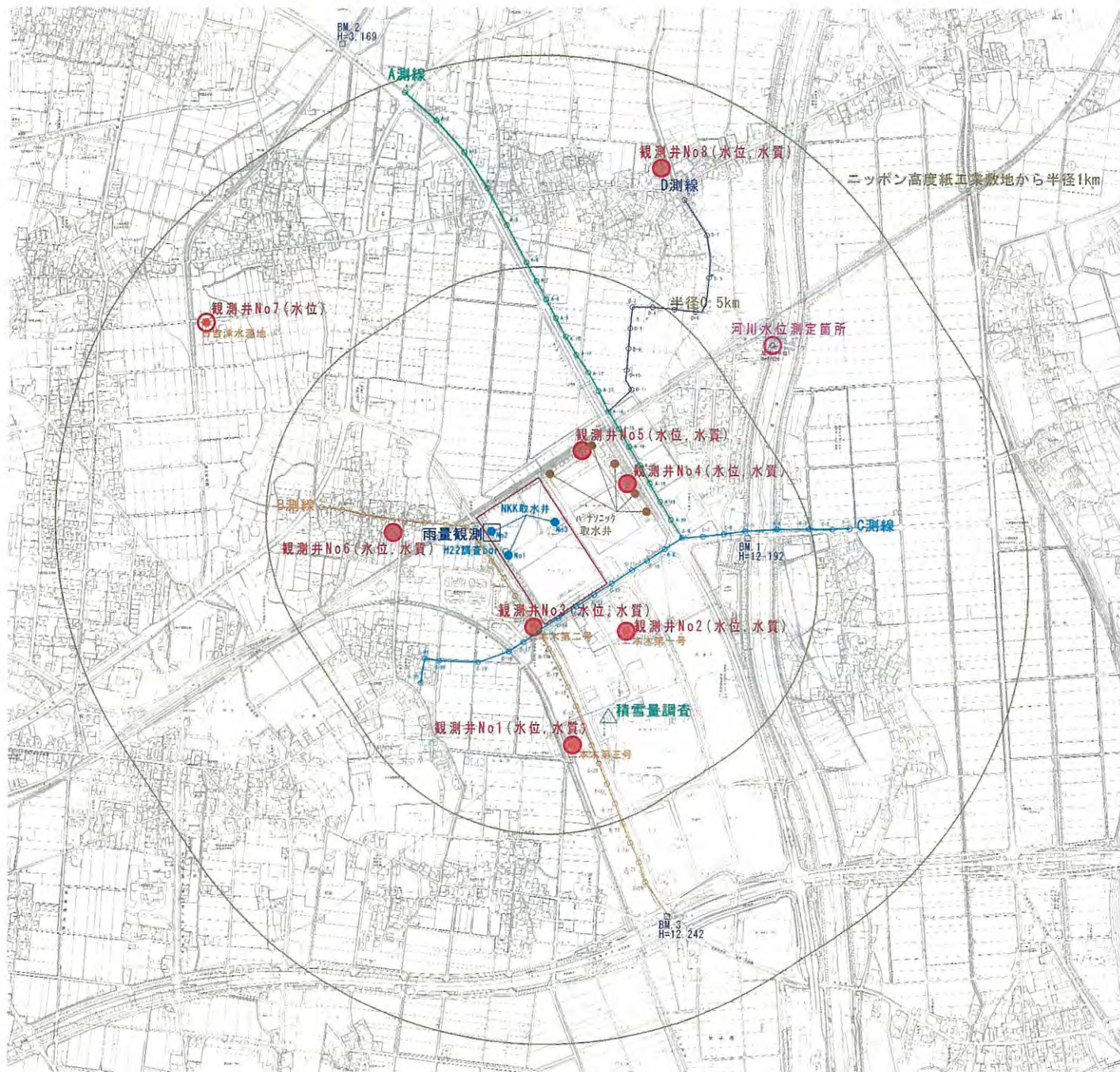


図 1-1  
観測箇所図 (S=1:10,000)

## 1. 業務概要

以下に、本業務で実施した観測結果、およびそれに対する総合解析の概要をまとめる。

観測項目は、水準測量、水位観測、雨量観測、水質調査、河川水位調査、積雪量調査の6項目で、観測期間は2012年6月～2013年6月の1年間である。

総合解析では、観測結果をもとに、地盤沈下や地下水位、水質分析について解析を行い、NKKの取水の影響について考察している。

### (1) 観測項目・位置・頻度

表1-1に観測項目を示し、図1-1にその位置を示す。

表 1-1 観測項目

| 項目     | 数量・方法・観測頻度                                                                              | 備考                                                      |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 水準測量   | [数量] 4 測線<br>[方法] 水準測量<br>[観測頻度] 1 回/月                                                  |                                                         |
| 水位観測   | [数量] 水道局水源 4 箇所<br>その他観測井 4 箇所<br>[方法] 水道局水源 データ提供<br>その他観測井 自記水位計による記録<br>[観測頻度] 1 時間毎 |                                                         |
| 雨量観測   | [数量] 1 箇所<br>[方法] 自記雨量計による記録<br>[観測頻度] 0.5mm 毎                                          | 【その他参考】<br>1 日毎の降水量<br>(気象庁 HP)                         |
| 水質調査   | [数量] 7 箇所 (No.7 地点を除く水位観測箇所)<br>[方法] 採水・水質分析<br>[観測頻度] 夏期・冬期 各 1 回                      |                                                         |
| 河川水位調査 | [数量] 1 箇所<br>[方法] メジャーによる実測<br>[観測頻度] 1 回/月                                             | 【その他参考】<br>1 時間毎の河川水位<br>(日野川：国土交通省 HP)<br>(佐陀川：鳥取県 HP) |
| 積雪量調査  | [数量] 1 箇所<br>[方法] メジャーによる実測<br>[観測頻度] 1 回/月 (12 月～3 月)                                  | 【その他参考】<br>1 日毎の最深積雪<br>(気象庁 HP)                        |

## 2. 観測結果

### 2.1. 水準測量結果

図 2-1～図 2-4 に各測線の水準測量結果を示す。

各図の上図は、横軸に測線距離、縦軸に地盤標高を示したものである。どの測線も、もともとの測点間地盤の高低差に比べて変動量が小さく、変動結果が確認し難い。

中図は、横軸に測線距離、縦軸に初期値との差を示したものである。図中の記号は○→△→□の順に新しく、線分も新しい観測データほど太く表記している。縦軸は隆起方向が (+)、沈下方向が (-) を表す。また、各測線での代表地点の変動経過を示す。

下図は、各測線での地層推定断面図を示す。横軸は測線距離、縦軸は標高となる。

### ■全体傾向

全体の傾向として、2013年1月をピークとする沈下方向の累積が認められた。沈下量は2～8mmであった。その後6月までに回復傾向が確認された。回復量(隆起量)は2～5mmであった。どの地点とも昨年度の同時期とくらべて、1～6mm低い高さになっている。

### ■各測線の傾向

#### (1) A 測線

測線全体に沈下方向への累積傾向が見られる。特に、測線距離 600m 以降は、初期値との差が 5mm を超える地点が多数ある。沈下方向への累積は 12 月頃まで進んでいたが、12 月以降は隆起方向に変位し、起点側は概ね初期値程度まで回復した。終点側では 6 月の時点で初期値から 2～5mm の沈下を示す。

#### (2) B 測線

測線距離 400m 付近～1200m 付近にかけて沈下方向への累積傾向が見られる。初期値との差はいずれの地点も 5mm 以下である。沈下方向への累積は 12 月頃まで進んだ。12 月以降は隆起方向に変位し、最大で初期値-3mm 程度まで戻った。

#### (3) C 測線

測線距離 200m 付近を除き、沈下方向への累積傾向が見られる。特に、測線距離 0m 付近および 400m 付近～800m 付近は、初期値との差が 5mm を超える。沈下方向への累積は 12 月頃まで進んでいたが、1 月以降で隆起方向に変位する。測線距離 450～650m 間は、2013 年 6 月の時点で初期値-5mm 程度まで回復し、その他の地点は概ね初期値まで回復している。

#### (4) D 測線

測線全体に沈下方向への累積傾向が見られる。特に、測線距離 200m 以降は、初期値との差が 5mm を超える地点が多数ある。沈下方向への累積は 12 月頃まで進んでいたが、12 月以降は沈下の進行はなく落ち着いた状態となる。他の測線では回復傾向が顕著であった者の、本測線ではほとんど回復しないままの状態となっている。

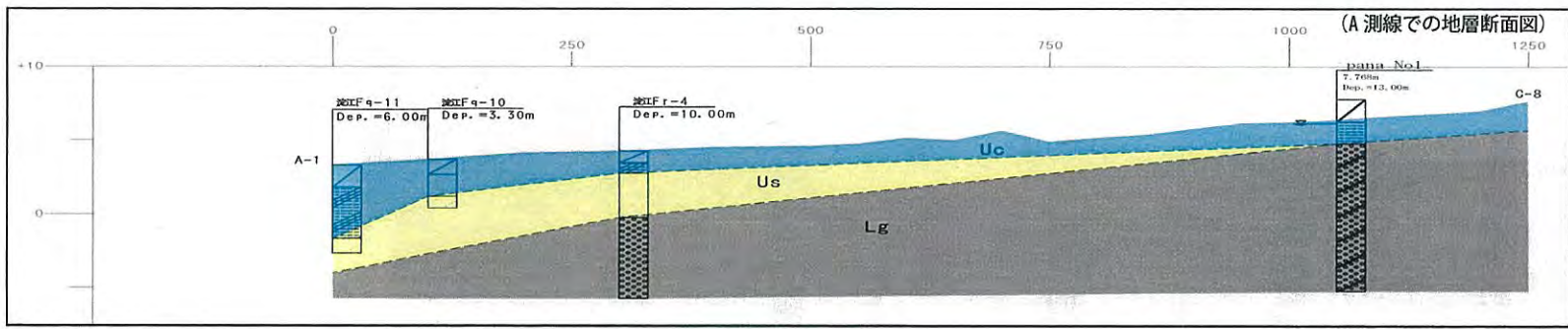
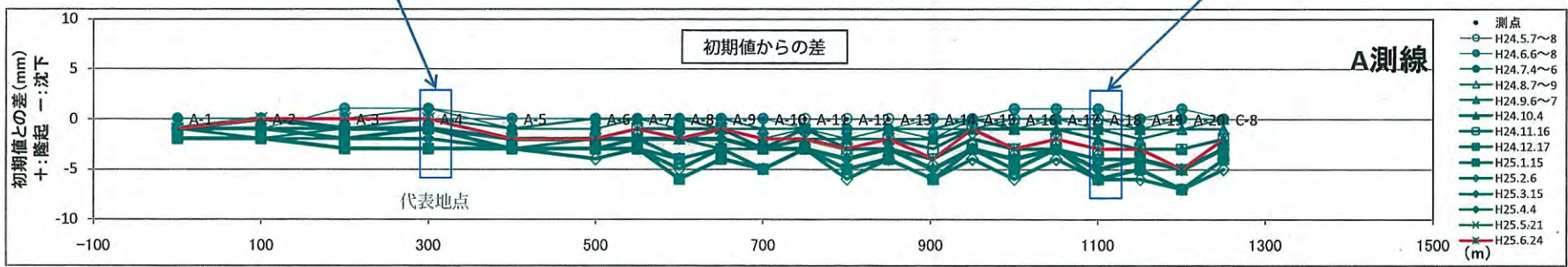
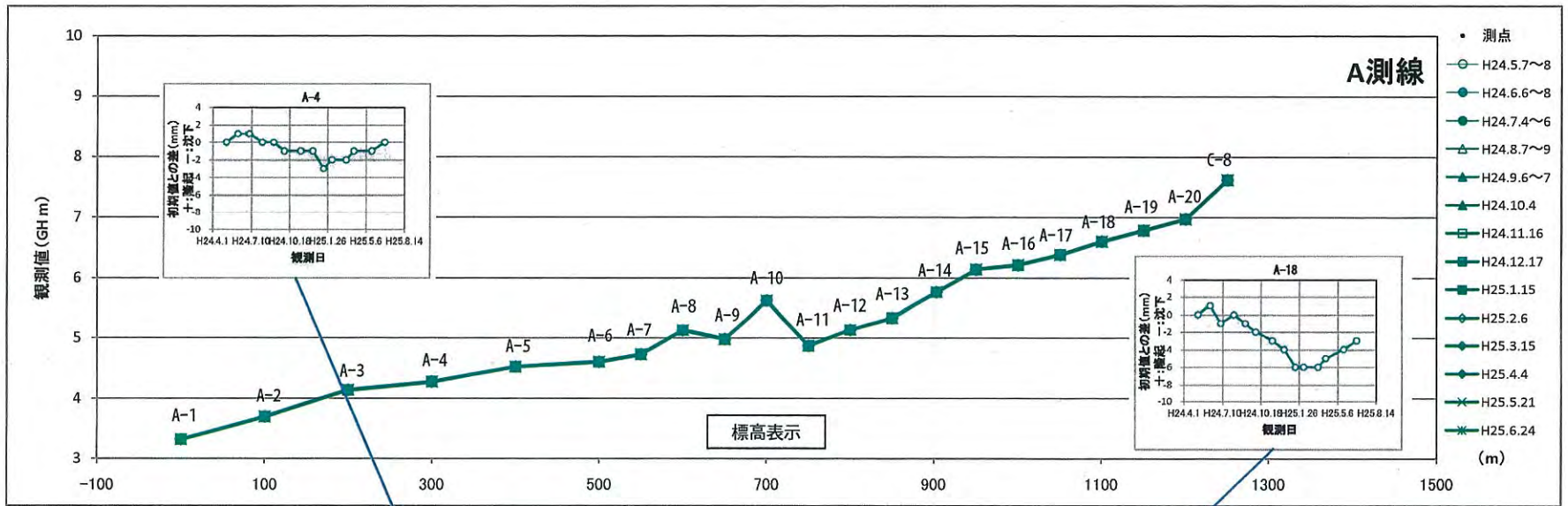


図 2-1  
水準測量結果 (A測線)

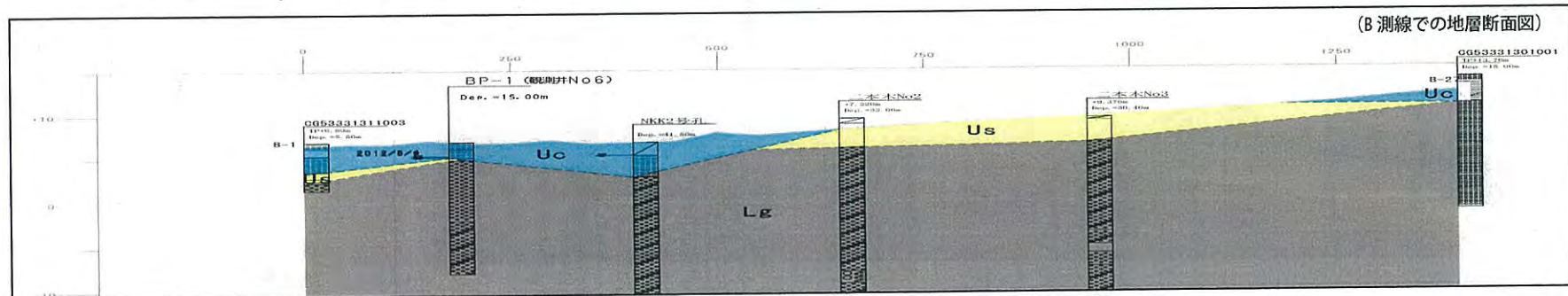
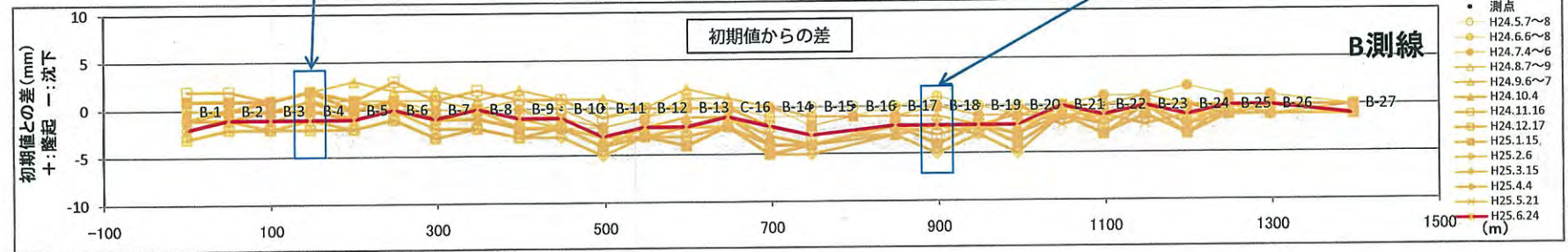
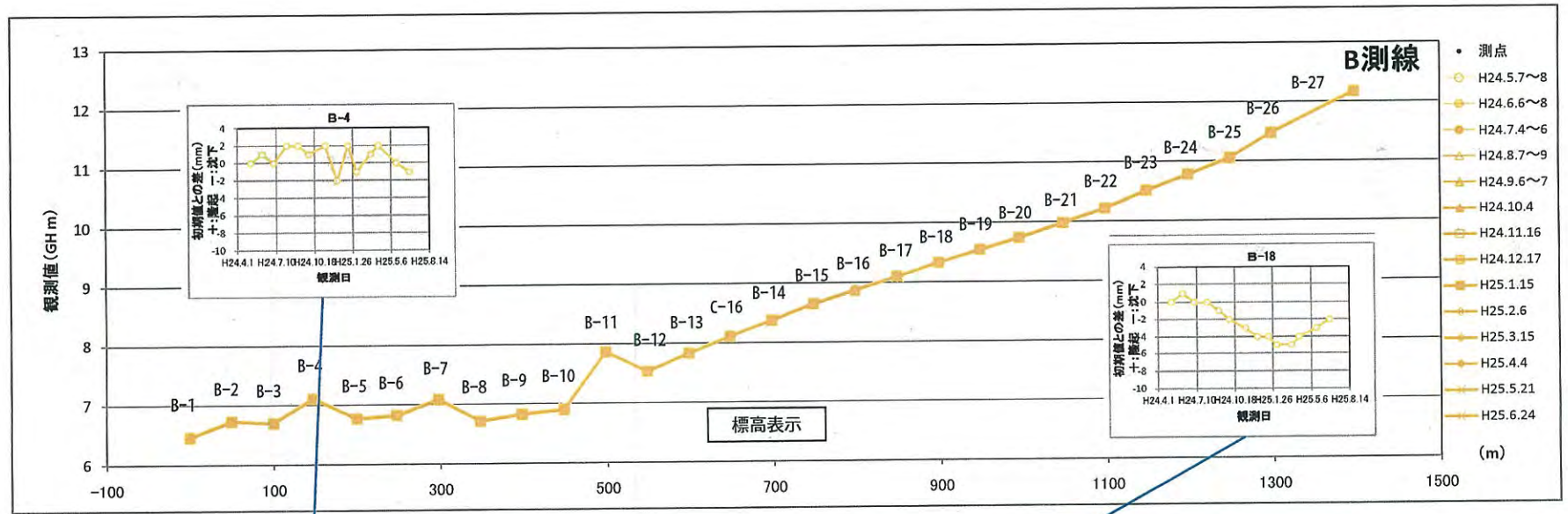


図 2-2  
水準測量結果 (B 側線)

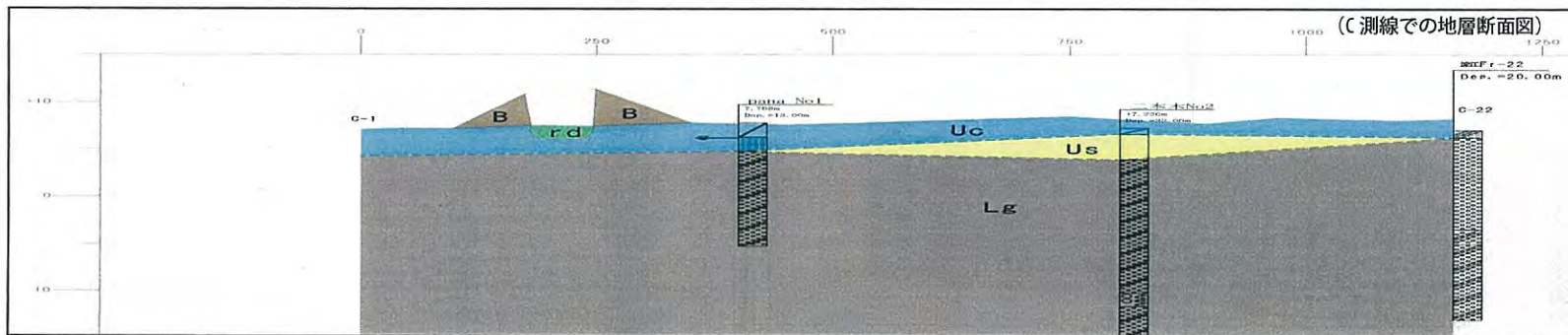
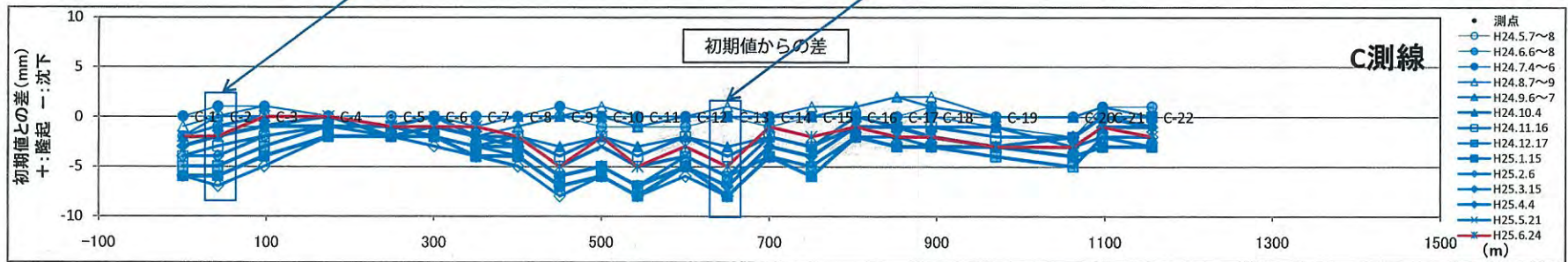
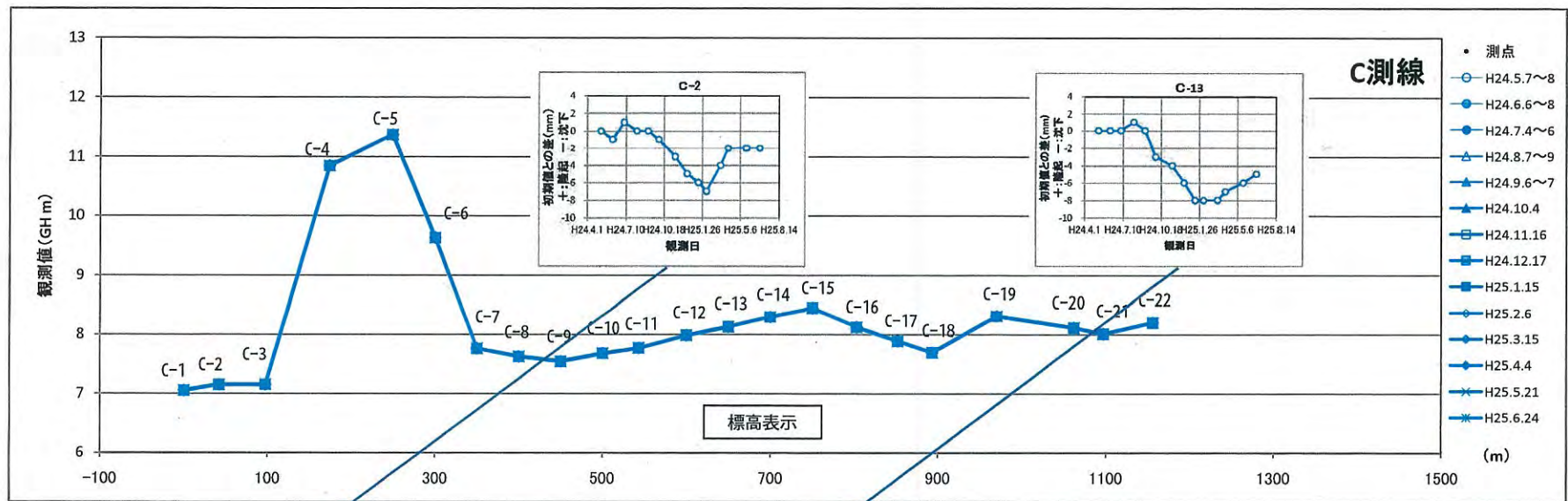
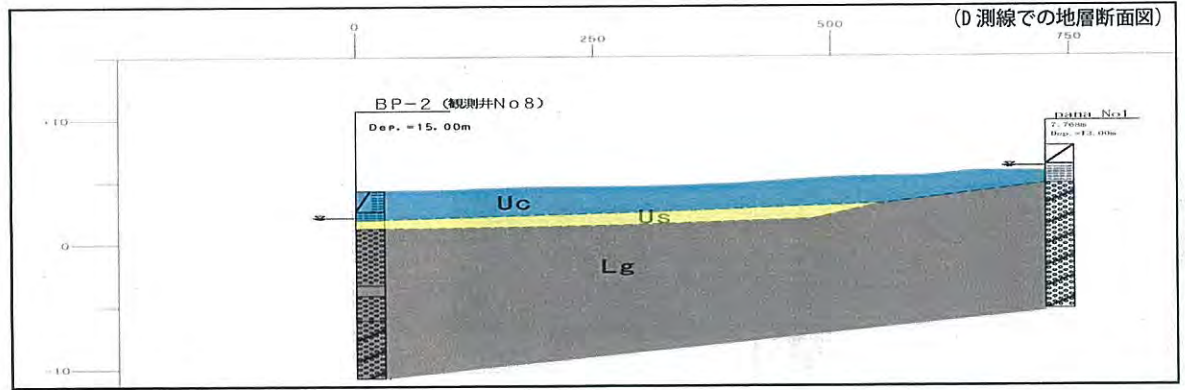
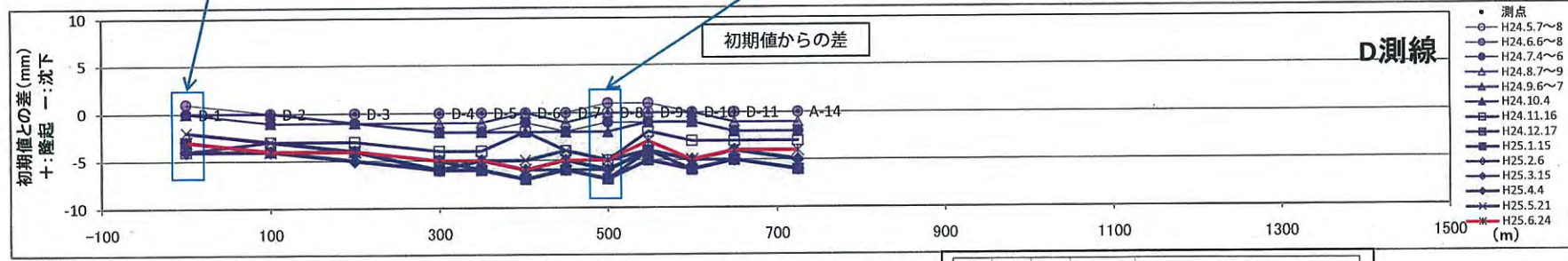
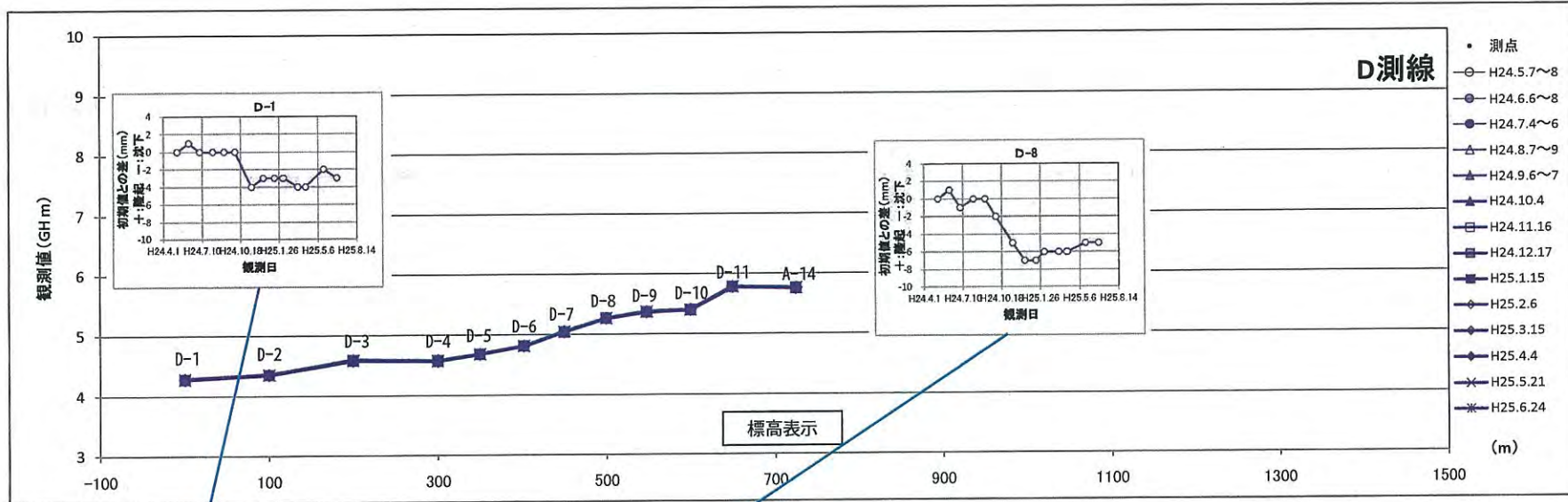


図 2-3  
水準測量結果 (C側線)



| 地質時代      | 地層区分 | 表記色調          | 地質名     | 地質的特性                                                               |
|-----------|------|---------------|---------|---------------------------------------------------------------------|
| 新 世       | Ums  | [Yellow]      | 最上部砂質土層 | 赤層 (埋立土を含む)、湖湖末期堆積層                                                 |
|           | Umc  | [Light Blue]  | 最上部粘性土層 | 有機質 (Ump) を含む<br>河川起源堆積層、Umc は N=0~3                                |
|           | Umg  | [Light Green] | 最上部礫質土層 |                                                                     |
| 中 世       | Us   | [Yellow]      | 上部砂質土層  | 河成堆積層 (N<10)、新砂丘 (N>10)<br>礫分卓越層 (Lg) を含む                           |
|           | Uc   | [Light Blue]  | 上部粘性土層  | 湖沼時代堆積層 (主として腐成堆積層)、有機質を豊富に含む<br>N=0~4                              |
|           | Ls   | [Light Green] | 下部砂質土層  | 河成堆積物 (N>15)、古砂丘 (N>20)                                             |
| 旧 世       | Lg   | [Light Green] | 下部礫質土層  |                                                                     |
|           | Lc   | [Light Blue]  | 下部粘性土層  | 海成堆積物、火山灰、軽石を豊富に含む<br>N=5~15                                        |
|           | L    | [Light Blue]  | ローム層    | 火山灰、火山砂等の火山堆積物                                                      |
| 世 中 期 土 層 | Lmc  | [Light Blue]  | 最下部粘性土層 | Lmc は N>10 で過圧密                                                     |
|           | Lms  | [Light Green] | 最下部砂質土層 | 扇状地性基底礫層、段丘礫層、火山砂屑流                                                 |
|           | Lmg  | [Light Green] | 最下部礫質土層 | Lms, Lmg は N>50                                                     |
|           |      |               |         |                                                                     |
| 第 三 紀 以 前 | Is   | [Dark Blue]   | 基盤岩類    | (大成岩) 花崗岩、流紋岩、安山岩、玄武岩<br>(堆積岩) 礫岩、砂岩、シルト岩、泥岩、凝灰岩、<br>凝灰角礫岩<br>三郎堂成岩 |

(地層記号凡例)

図 2-4  
水準測量結果 (D 側線)

1) 本表は鳥取県地質図 (1981) pp.2 表-1-1 をもとに加筆作成した。  
2) 沖積層と洪積層との区分は約 1 万年前 (縄文海進) とした。  
3) ローム層は約 2 万年前であり、Lc, Ls, Lg 層と Lm 層とは有差時面を境とする。



## 2.2. 水位・雨量・積雪量観測結果

### (1) 1日の最高水位での整理

図2-5に一日の最高水位で整理した観測井の水位変動図を示す。上段の図は各観測井戸の水位変動を1日の最高水位で表したもので、横軸に日時、縦軸に水位の標高を表している。

図中における各観測井の凡例は以下ようになる。

- |                             |      |
|-----------------------------|------|
| ・観測井 No1 (米子市水道局 二本木第3号取水井) | ○明青色 |
| ・観測井 No2 (米子市水道局 二本木第1号取水井) | □明緑色 |
| ・観測井 No3 (米子市水道局 二本木第2号取水井) | ◇明水色 |
| ・観測井 No4 (パナソニック 観測井 東側)    | ●黒色  |
| ・観測井 No5 (パナソニック 観測井 北側)    | ■暗緑色 |
| ・観測井 No6 (米沢嘉夫氏 畑 観測井)      | ◆明桃色 |
| ・観測井 No7 (米子市水道局 日吉津取水井)    | △明赤色 |
| ・観測井 No8 (松井快之氏 宅内 観測井)     | ▲明黄色 |
| ・NKK 取水井 No2                | ○明灰色 |
| ・NKK 取水井 No3                | □暗灰色 |

※NKK 取水井の値は、揚水の有無に関わらず一日の定時で測定された値。なお、NKK 取水井 No1 は-3.0~-29.0m の値を示し、図から除外。

中段の図は、NKK 揚水量および周辺井戸の日揚水量を示す。縦軸は揚水量で単位は  $m^3/日$  である。NKK 揚水量は赤の棒グラフ、周辺井戸の揚水量は、前述の凡例に合わせた折れ線グラフで表記する。

下段の図は、降水量および降雪量について表したものである。降水量は気象庁データ(米子)の値であり、青の棒グラフで表す。単位は  $mm/日$  である。積雪量は気象庁データ(米子)の最深積雪の値であり、桃の棒グラフで表す。単位は  $cm/日$  である。

### ■全体傾向

9月中旬以降に水位が低下している。その低下量はおおよそ50cm程度である。9月中旬以降では、12月中旬~1月上旬の間は水位がやや高くなるが、その他は概ね一定である。翌5月中旬以降は再び水位が上昇し、6月には前年度並みの水位に回復している。

### ■各観測井の傾向

#### ○観測井 No1 (米子市水道局 二本木第3号取水井)

5月中旬~9月中旬までは水位がTP=7.4~7.8m 付近にあり、9月

中旬以降はTP=7.0m 付近まで低下する。9月中旬以降は、9月下旬から10月上旬にかけては、20~30cm 程度のやや周期的な水位の上下動が見られる。12月中旬~2月上旬では、やや水位が上昇する。以降は再び水位が低下し、2月下旬にはTP=7.0m 付近となる。4月中旬には一時的にTP=6.7m 付近まで低下する。

5月中旬より水位は上昇し、6月末にはTP=7.8m 付近となる。

#### ○観測井 No2 (米子市水道局 二本木第1号取水井)

メンテナンス前はTP=5.9m 付近で一定であったが、メンテナンス後は水位変動が見られる。

メンテナンス以降~9月中旬までは水位がTP=6.0~6.3m 付近にあり、9月中旬以降はTP=5.6~6.0m 付近まで低下する。

9月中旬以降は、30~40cm 程度の周期的な水位の上下動が見られる。12月中旬~1月上旬および2月上旬等では、周期的な変動がなくなり、12月中旬~2月上旬にはやや水位が上昇する。

5月中旬より周期的な上下動をしながら水位は上昇し、6月末にはTP=6.4m 付近となる。

#### ○観測井 No3 (米子市水道局 二本木第2号取水井)

5月中旬~9月中旬までは水位がTP=6.0~6.3m 付近にあり、9月中旬以降はTP=5.5~6.0m 付近まで低下する。

9月中旬までは降雨時との対応が良い水位上昇が見られ、9月中旬以降は、30~40cm 程度の周期的な上下動が見られる。12月中旬~1月上旬および2月上旬等では、周期的な変動がなくなり、12月中旬~2月上旬にはやや水位が上昇する。5月中旬より周期的な上下動をしながら水位は上昇し、6月末にはTP=6.4m 付近となる。

#### ○観測井 No4 (ミネベア (旧パナソニック) 観測井 東側)

5月中旬~9月中旬までは水位がTP=5.3~5.5m 付近にあり、9月中旬以降はTP=5.0~5.3m 付近まで低下する。

変動傾向は観測井 No2、No3 と類似しており、9月中旬以降は、20~40cm 程度の周期的な上下動が見られる。12月中旬~1月上旬および2月上旬等では、周期的な変動がなくなり、12月中旬~2月上旬にはやや水位が上昇する。

5月中旬より周期的な上下動をしながら水位は上昇し、6月末に

はTP=5.7m 付近となる。

#### ○観測井 No5 (ミネベア (旧パナソニック) 観測井 北側)

5月中旬~9月中旬までは水位がTP=5.0~5.5m 付近にあり、9月中旬以降はTP=4.7~5.3m 付近まで低下する。

5月中旬~9月中旬までは、30cm 程度の不定期な水位変動が見られるが、基本的な変動傾向は観測井 No2~4 と類似している。9月中旬以降は水位が低下し、20~40cm 程度の周期的な上下動が見られる。12月中旬~1月上旬および2月上旬等では、周期的な変動がなくなり、12月中旬~2月上旬にはやや水位が上昇する。

5月中旬より周期的な上下動をしながら水位は上昇し、6月末にはTP=5.5m 付近となる。

#### ○観測井 No6 (米沢嘉夫氏 畑 観測井)

5月中旬~9月中旬までは水位がTP=5.3~5.5m 付近にあり、9月中旬以降はTP=4.8~5.3m 付近まで低下する。傾向は観測井 No2~5 と類似しており、9月中旬以降は、20cm 程度の周期的な上下動が見られる。12月中旬~1月上旬および2月上旬等では、周期的な変動がなくなり、12月中旬~2月上旬にはやや水位が上昇する。

5月中旬より周期的な上下動をしながら水位は上昇し、6月末にはTP=5.7m 付近となる。

#### ○観測井 No7 (米子市水道局 日吉津取水井)

5月中旬~9月中旬までは水位がTP=3.2m 付近にあり、9月中旬以降はTP=2.8~3.1m 付近まで低下する。9月中旬以降も、観測井 No1~6 のような周期的な上下動は見られない。12月中旬~2月上旬では、やや水位が上昇しているようにも見える。

5月中旬より水位は上昇し、6月末にはTP=3.2m 付近となる。

#### ○観測井 No8 (松井快之氏 宅内 観測井)

5月中旬~9月中旬までは水位がTP=2.5~2.7m 付近にあり、9月中旬以降はTP=1.9~2.3m 付近まで低下する。9月中旬以降も、観測井 No1~6 のような周期的な上下動は見られない。12月中旬~2月上旬では、やや水位が上昇しているようにも見える。

5月中旬より水位は上昇し、6月末にはTP=2.5m 付近となる。

## (2) 1日の最低水位での整理

図 2-6 に一日の最低水位で整理した観測井の水位変動図を示す。上段の図は各観測井戸の水位変動を 1 日の最低水位で表したもので、横軸に日時、縦軸に水位の標高を表している。凡例は前述と同じである。

中段の図は、NKK 揚水量および周辺井戸の日揚水量を示し、下段の図は、降水量および降雪量について表したものである。前述の図と同じ内容となっている。

### ■全体傾向

全体の傾向として、9月中旬以降に水位が低下している。9月中旬以降では、12月中旬～1月上旬の間は、水位がやや高くなる。翌5月中旬以降は再び水位が上昇する。

### ■各観測井の傾向

#### ○観測井 No1 (米子市水道局 二本木第 3号取水井)

7月末までと10月中旬～12月中旬は、最低水位が日々上下動しており、観測井 No1 自身が揚水を行ったり、行わなかったりしていることが伺える。1月末～2月末にかけては、概ね水位が高い状態を示し、揚水があまり行われていないことが伺える。

揚水時の水位標高は概ね TP=+4.0m 付近にあり、9月中旬までと12月中旬～1月上旬はやや高く、それ以外はやや低くなる傾向が見られる。

5月中旬以降はやや水位が高くなり TP=+4.4m 付近にある。

#### ○観測井 No2 (米子市水道局 二本木第 1号取水井)

メンテナンス前後で最低水位変動が異なる。メンテナンス前は TP=+5.9m 付近で一定であったが、メンテナンス後は水位変動が見られる。メンテナンス後にポンプを稼働させ、揚水していることが伺える。

メンテナンス後は、10月上旬～12月上旬では最低水位が日々上下動している。それ以外は、最低水位の変動があまりなく、毎日揚水されていることが伺える。

揚水時の水位標高は、2月中旬までは概ね TP=+2.4m 付近にあるが、2月中旬～5月中旬にかけては TP=+1.5～2.0m 付近と下がっている。5月中旬以降はやや水位が高く、TP=+2.5～3.0m 付近にある。

#### ○観測井 No3 (米子市水道局 二本木第 2号取水井)

メンテナンス前後で最低水位の水位標高が異なる。メンテナンス前は TP=-1.3m 付近であったが、メンテナンス後は TP=-0.4～+0.2m 付近となる。10月下旬～12月中旬は、最低水位が日々上下動している。それ以外は、最低水位の変動があまりなく、毎日揚水されていることが伺える。

メンテナンス後は、9月中旬までと12月中旬～1月上旬および5月中旬以降は、最低水位標高が TP=+0.0～0.2m 付近にあり、それ以外は TP=-0.4m 付近となる。

#### ○観測井 No4 (ミネベア (旧パナソニック) 観測井 東側)

5月中旬～9月中旬までは水位が TP=+5.2～+5.5m 付近にあり、9月中旬以降は TP=+4.9～+5.3m 付近まで低下する。

9月中旬以降は、最高水位で整理した時と同様に、周期的な上下動が見られる。12月中旬～1月上旬および2月上旬等では、周期的な変動がなくなり、12月中旬～1月上旬はやや水位が高い。5月中旬以降はやや水位が高くなり TP=+5.3～5.7m 付近にある。

#### ○観測井 No5 (ミネベア (旧パナソニック) 観測井 北側)

5月中旬～9月中旬までは水位が TP=+4.9～+5.3m 付近にあり、9月中旬以降は TP=+4.7～+5.3m 付近まで低下する。

変動傾向は観測井 No4 と類似しており、9月中旬以降は、周期的な上下動が見られ、12月中旬～1月上旬は上下動がなくやや高い状態となる。5月中旬以降はやや水位が高くなり TP=+5.0～5.6m 付近にある。

#### ○観測井 No6 (米澤嘉夫氏 畑 観測井)

5月中旬～9月中旬までは水位が TP=+5.2～+5.5m 付近にあり、9月中旬以降は TP=+4.9～+5.3m 付近まで低下する。

変動傾向は観測井 No4、No5 と類似しており、9月中旬以降は、周期的な上下動が見られ、12月中旬～1月上旬は上下動がなくやや高い状態となる。5月中旬以降はやや水位が高くなり TP=+5.2～5.7m 付近にある。

#### ○観測井 No7 (米子市水道局 日吉津取水井)

5月中旬～9月中旬までは水位が TP=+3.2m 付近にあり、9月中旬以降は TP=+2.8～+3.1m 付近まで低下する。9月中旬以降は、他の観測井で見られるような周期的な上下動は見られない。12月中旬～2月上旬は最低水位がやや高い状態となる。5月中旬以降はやや水位が高くなり TP=+3.0～3.2m 付近にある。

#### ○観測井 No8 (松井快之氏 宅内 観測井)

水位変動の大きな傾向としては、5月中旬～9月中旬までは水位が TP=+2.5～+2.8m 付近にあり、9月中旬以降は TP=+2.0～+2.3m 付近まで低下する。

9月中旬以降は、他の観測井で見られるような周期的な上下動は見られず、12月中旬～2月上旬は最低水位がやや高い状態となる。

5月中旬以降はやや水位が高くなり TP=+2.5m 付近にある。

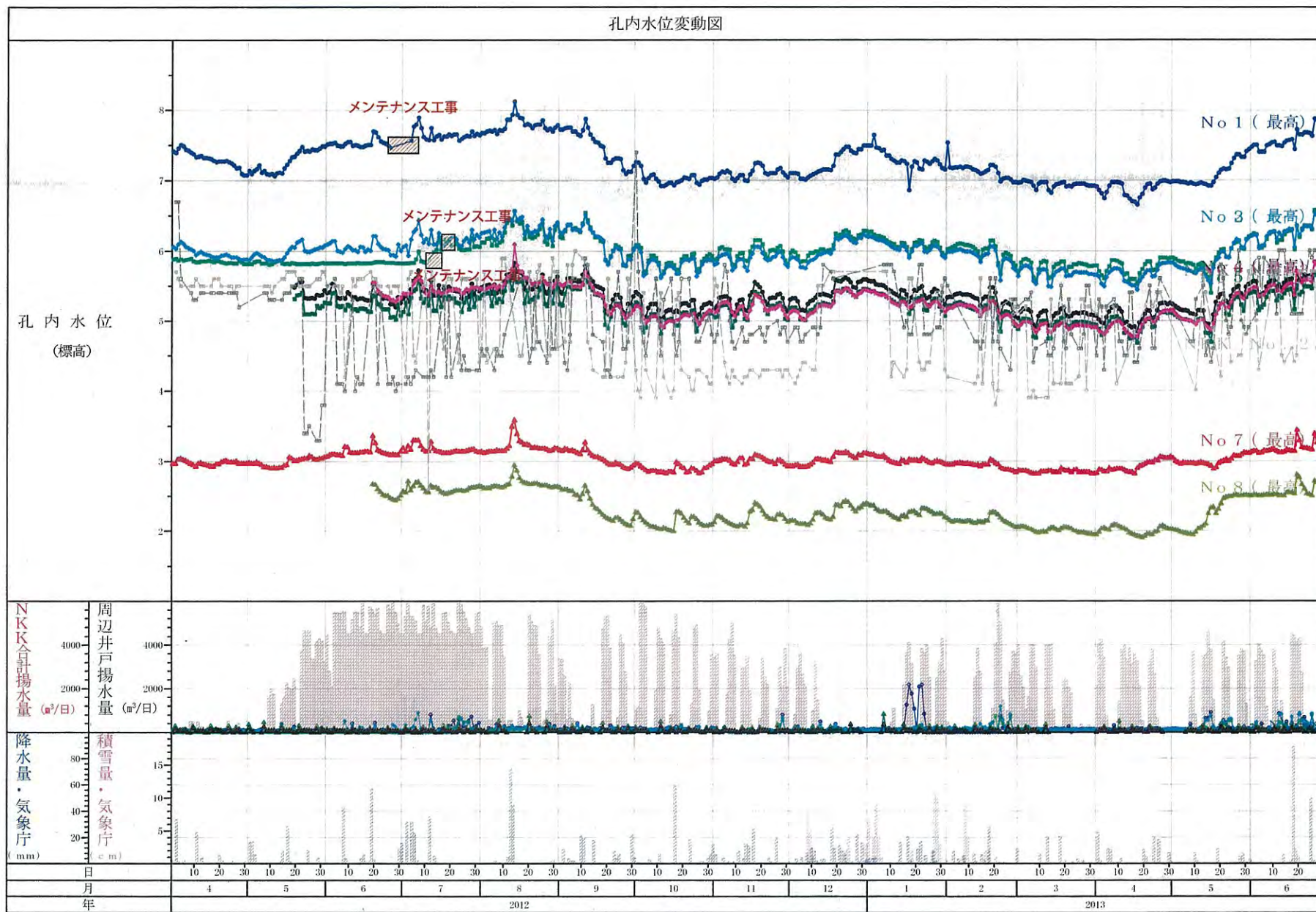


図 2-5 観測井の水位変動図 (1日の最高水位で整理)

孔内水位変動図

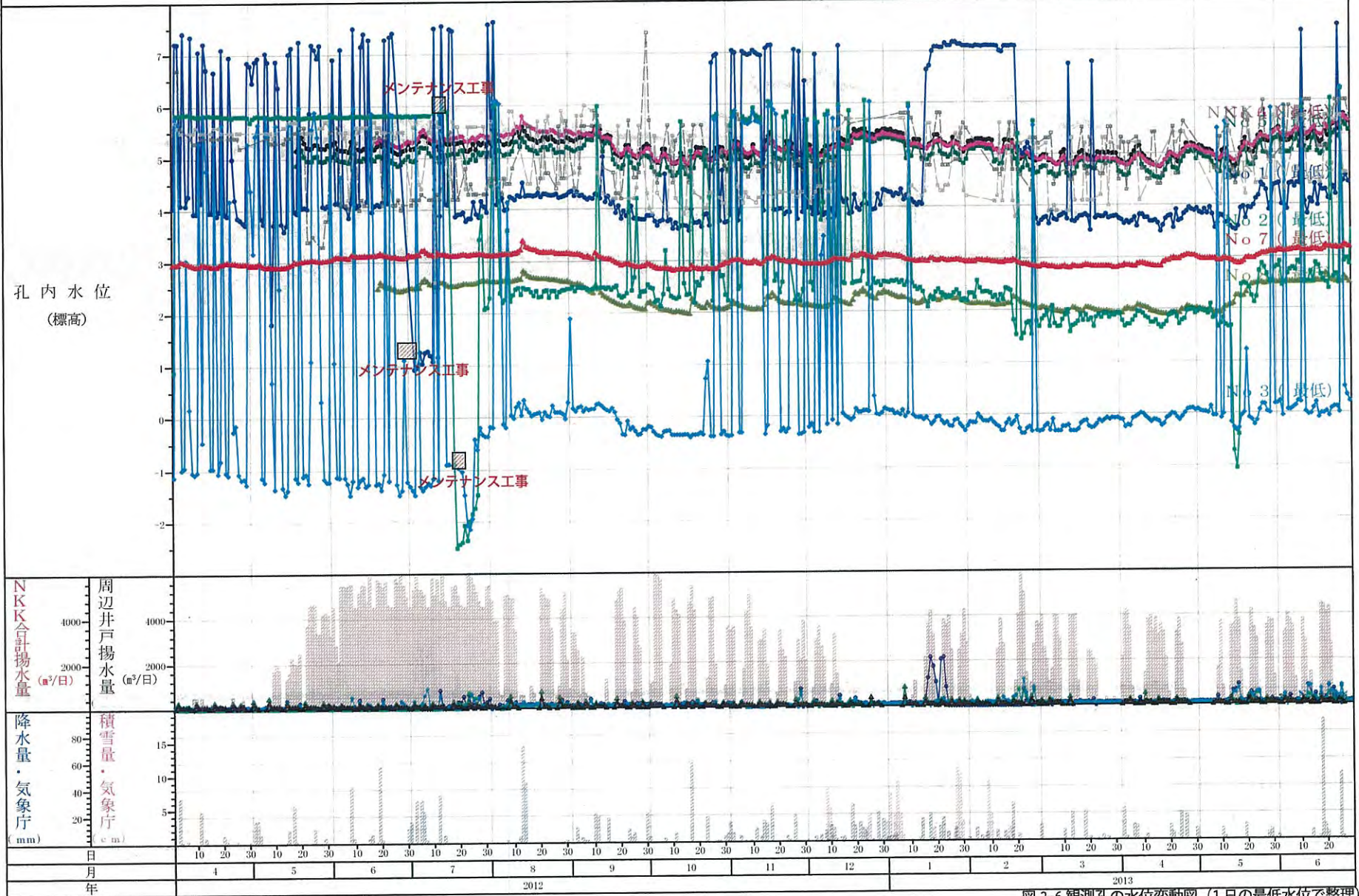


図 2-6 観測孔の水位変動図 (1日の最低水位で整理)

### 2.3. 河川水位結果

図 2-7 に河川水位の変動図を示す。

基本的に、佐陀川、日野川とも、観測当初から特に大きな変化は見られず、降雨時に一時的に水位が上昇している程度である。

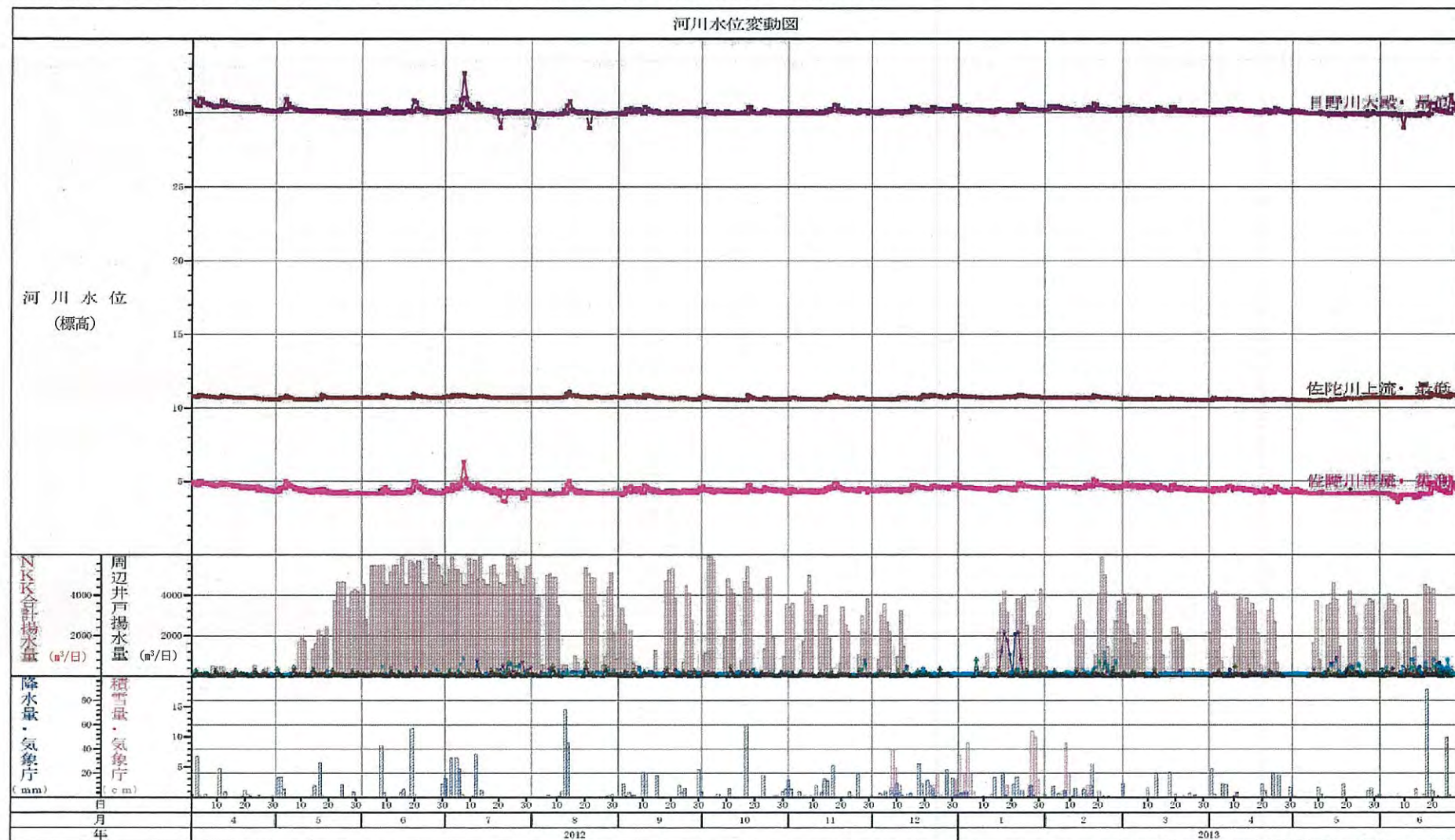


図 2-7 河川水位変動図 (1日の最高・最低水位で整理)



### 3. 総合解析

#### 3.1. 総合水文地質解析

##### (1) 地盤沈下解析

図 3-2 に水準測量結果をもとにした地盤沈下量の平面コンター図の経時変化を示す。コンターに示す数値は 2012 年 5 月の計測を初期値とした時の変化量である。

図では、2012 年 9 月より、B 測線の南方から A 測線と C 測線の交点付近にかけて沈下が生じはじめていることがわかる。

その後、C 測線の中央部から D 測線にかけて、沈下量が大きくなっていき、2013 年 1 月～2 月にかけて、沈下量がピークを迎える。沈下量は最大で 8mm となる。

その後、沈下量は回復傾向を示す。2013 年 6 月の時点で、初期値と比べて最大 5mm 程度の沈下量となっている。

図 3-1 に 2013 年 6 月時点での沈下コンター平面図を示す。

沈下の大きい地点は、C 測線中央部にあたるミネベア（旧バナソニック）工場の南側、および、D 測線中央部にあたる佐陀集落の南側となる。

沈下コンター平面図に、「道上他；米子市（日野川右岸地域）の地下水調査報告書（最終報告）」で示される日野川の旧河道および自然堤防を重ねる。沈下の大きい地点は、現佐陀川の左岸側にあつて、旧河道とは重なっていない。

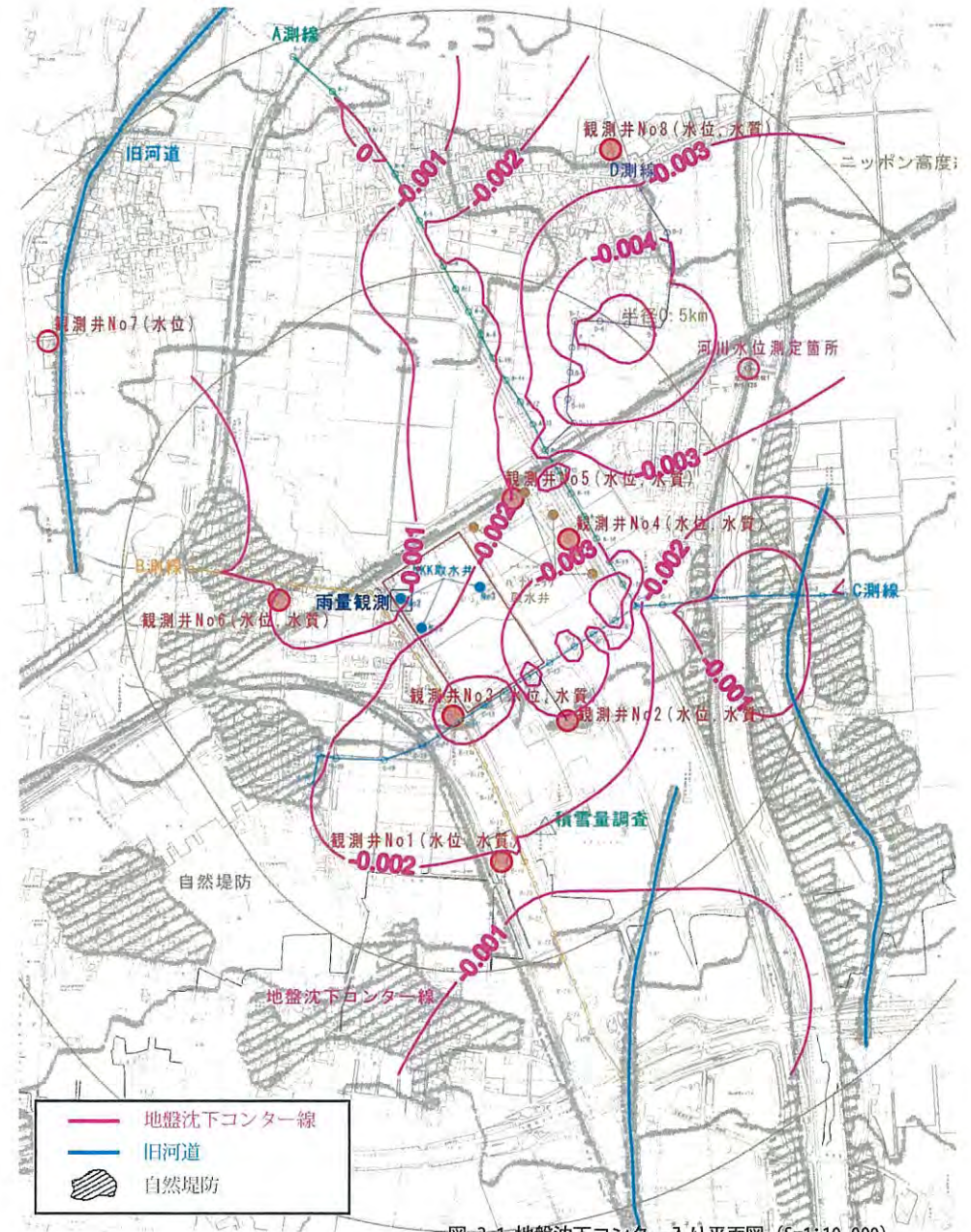


図 3-1 地盤沈下コンター入り平面図 (S=1:10,000)

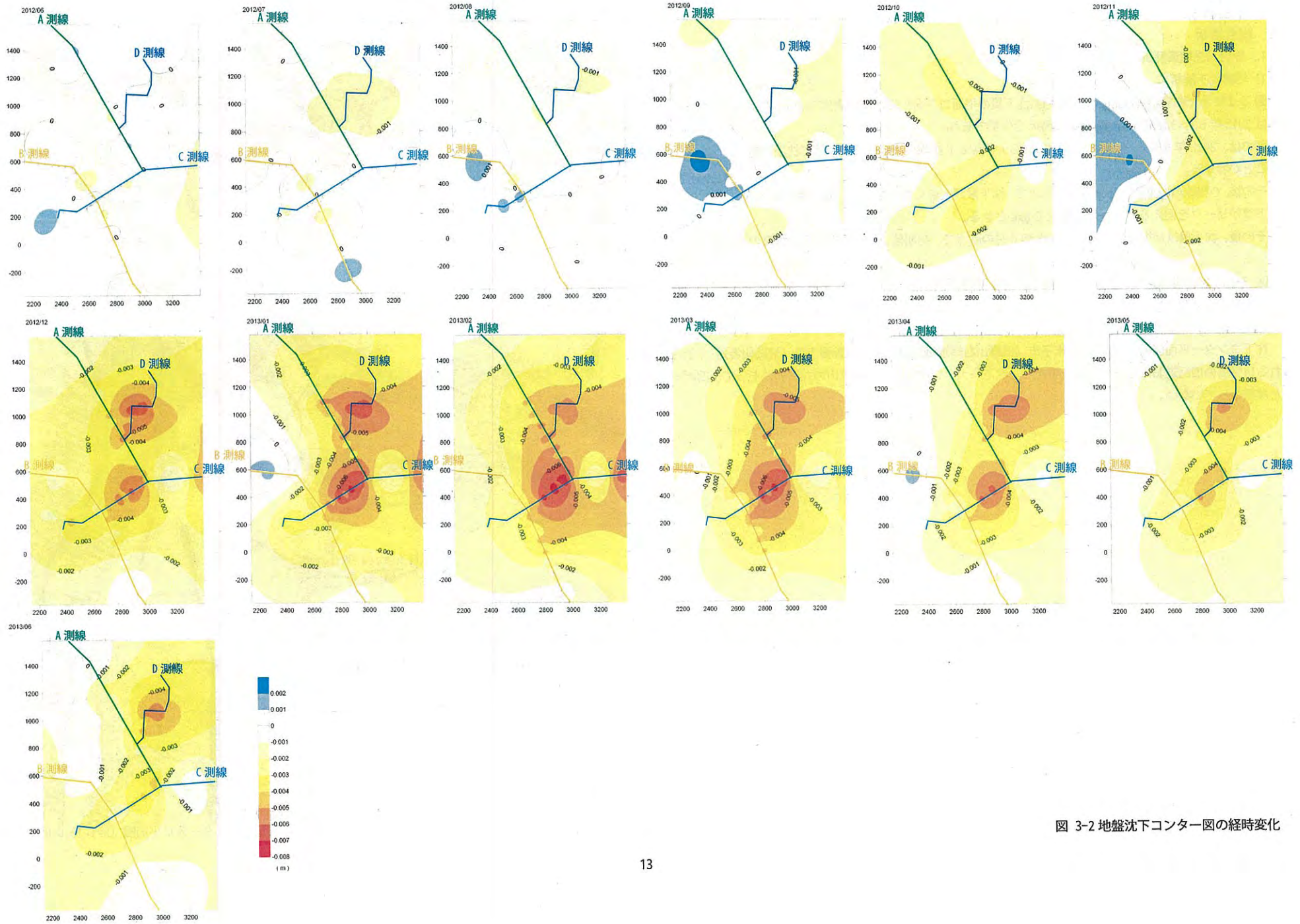


図 3-2 地盤沈下コンター図の経時変化



## (2) 地下水解析

### 1) 地下水位変動の解釈

#### ① 周辺水田の水張りによる水位上昇

5月中旬～9月中旬にかけては、水位観測孔全体の水位が上昇している。周辺水田に水を張る時期と重なっており、これらの水位上昇は水田の水張りによるものと考えられる。その水位上昇量は概ね50cm程度である。

#### ② NKKの取水に伴う周期的な水位変動

9月中旬以降、観測井No1～No6では周期的な水位変動が確認される。この水位変動は、一週間単位で繰り返し行われるNKK揚水に対応して水位低下し、揚水休止期間に水位回復することから、NKKの揚水の影響で水位変動しているものと考えられる。

変動の周期は、NKKの揚水状況に対応して1週間となり、2～3日の揚水の休止により水位が回復する。

#### ③ 積雪による水位上昇

12月中旬～2月中旬にかけて、水位上昇が確認される。一見、NKKの揚水休止中と重なり、その影響による水位上昇にも見えるが、3月下旬や4月下旬～5月上旬のNKK揚水休止中では明確な水位上昇は認められない。そのため、NKKの揚水の休止による水位上昇は生じないと解釈し、12月中旬～2月中旬の水位上昇は積雪（その融雪）によるものと解釈する。

#### ④ NKKの連続揚水に伴う水位低下

2012年5月中旬～8月上旬には、NKKで連続的に揚水が行われている。ちょうど水張りの時期と重なり、自然に水位上昇しているように見えるが、2013年の5月中旬以降でも、NKKの揚水に伴う周期的な水位変動が見られることから、水張り時期でもNKKの揚水による水位低下を生じることが考えられる。そのため、2012年5月中旬～の連続揚水期間でも同様に水位低下が生じていることが考えられる。

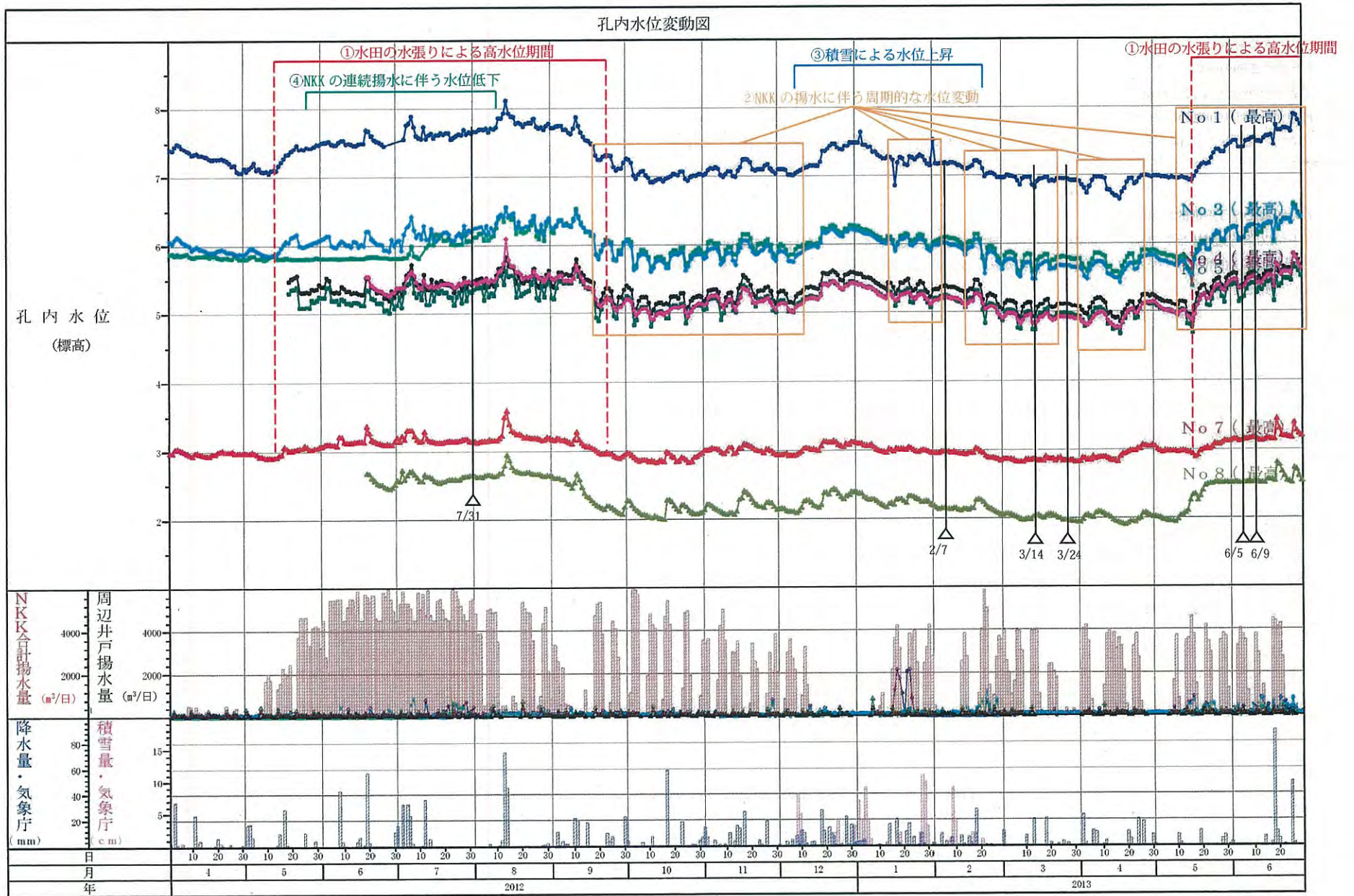


図 3-3 地下水変動の解釈

## 2) 平面コンター解析

以下に、地下水位の平面コンター解析図を示す。解析図の作成は、先の地下水位解析に合わせて、次の4ケースについて作成する。

- ①周辺水田の水張りによる水位上昇
- ②NKKの取水に伴う周期的な水位変動
- ③積雪（融雪）による水位上昇
- ④NKKの連続揚水に伴う水位低下

コンター解析図は、上記のケースにおける代表的な日を選定し、その日における8箇所の観測井の1日の最高水位およびNKK取水井の水位をもとに作成したものである。ただし、NKKの取水が行われていない日は、観測井の水位をもとにコンター図を作成している。

コンター解析図の作成日を図3-3に示す。

### ①周辺水田の水張りによる水位上昇

図3-4に水田の水張り時期とそうでない時期の重ね合わせコンター図を示す。水田の水張り時期のうち、NKKでの揚水がなく、降雨による影響がないと考えられる日（2013/6/9）と、水田の水張り時期でない時期のうち、NKKでの揚水がなく、降雨による影響がないと考えられる日（2013/3/24）を比較する。

図では、水位等高線が南南東から北北西に向かって、概ね平行に推移しており、地下水位はこの等高線に直角に流れているものと考えられる。

水田の水張り時期とそうでない時期では、全体的に約0.5mの水位差が生じていることがわかる。

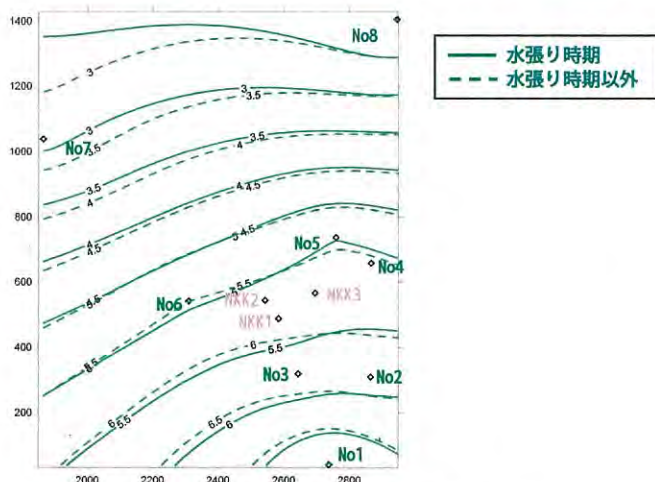


図 3-4 水田の水張り時期とそうでない時期の重ね合わせコンター図

### ②NKKの取水に伴う周期的な水位変動

(5月中旬～9月中旬) (9月中旬～5月中旬)

図3-5に平常時（NKKの取水がない）とNKK取水時の重ね合わせコンター図を示す。コンター図は水張り時期の5月中旬～9月中旬と水張り時期以外の9月中旬～5月中旬で分けて作成する。

5月中旬～9月中旬では、NKKでの揚水がなく、降雨による影響がないと考えられる日（2013/6/9）と、NKKでの揚水があり、降雨による影響がないと考えられる日（2013/6/5）を比較する。

9月中旬～5月中旬では、NKKでの揚水がなく、降雨による影響がないと考えられる日（2013/3/24）と、NKKでの揚水があり、降雨による影響がないと考えられる日（2013/3/14）を比較する。

#### 1) 5月中旬～9月中旬

図では、水位等高線が南南東から北北西に向かって、概ね平行に推移している。NKKの取水により影響を受けている日では、NKK揚水井の周辺ではコンターが上流側に凸となり、その周辺ではNKK揚水井に向かって水が流れていることが考えられる。

NKKの揚水井を中心に、平常時と取水時の水位差が大きいところが見られる。最も差が大きいNKK揚水井付近では、その差は50cm以上となる。

#### 2) 9月中旬～5月中旬

図では、5月中旬～9月中旬のものと同様、水位等高線が南南東から北北西に向かって、概ね平行に推移している。NKKの取水により影響を受けている日では、NKK揚水井の周辺ではコンターが上流側に凸となり、その周辺ではNKK揚水井に向かって水が流れていることが考えられる。

NKKの揚水井を中心に、平常時と取水時の水位差が大きいところが見られる。最も差が大きいNKK揚水井付近では、その差は1m程度となる。

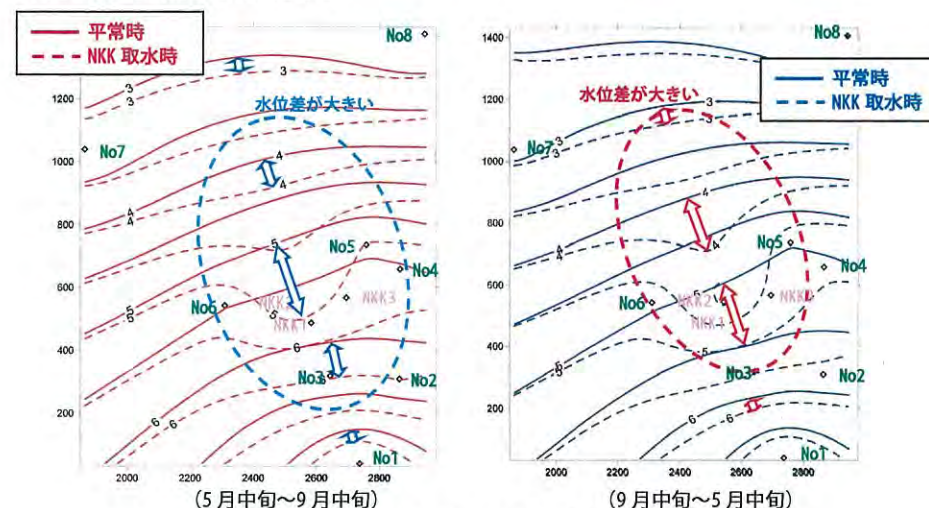


図 3-5 常時とNKK取水時の重ね合わせコンター図

③積雪（融雪）による水位上昇

図 3-6 に融雪時期とそうでない時期の重ね合わせコンター図を示す。融雪時期と考えられる時期のうち、NKK での揚水がなく、降雨による影響がないと考えられる日（2013/2/7）と、融雪時期でないと考えられる時期のうち、NKK での揚水がなく、降雨による影響がないと考えられる日（2013/3/24）を比較する。

図では、水位等高線が南南東から北北西に向かって、概ね平行に推移しており、地下水位はこの等高線に直角に流れているものと考えられる。

融雪時期とそうでない時期では、全体的に約 0.2~0.3m 程度の水位差が生じていることがわかる。

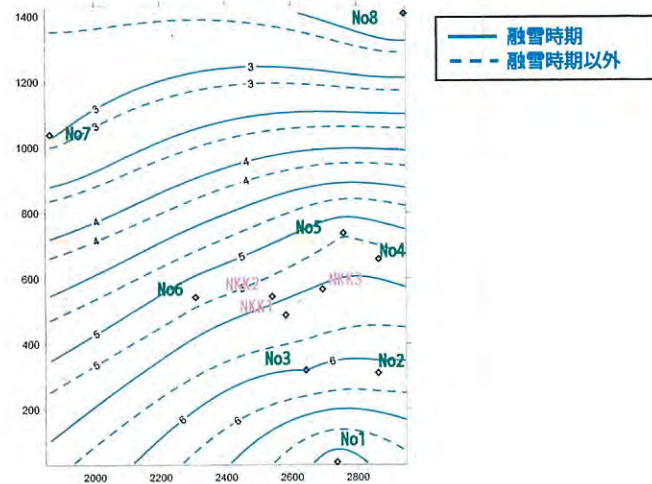


図 3-6 融雪時期とそうでない時期の重ね合わせコンター図

④NKK の連続揚水に伴う水位低下

図 3-7 に、水田の水張り時期で NKK の連続揚水時期と平常時（NKK の取水がない）の重ね合わせコンター図を示す。

NKK の連続揚水時期のうち、降雨による影響がないと考えられる日（2012/7/31）と、NKK での揚水がなく、降雨による影響がないと考えられる日（2013/6/9）を比較する。

図では、水位等高線が南南東から北北西に向かって、概ね平行に推移している。NKK の連続揚水時期では、NKK 揚水井の周辺でコンターが上流側に凸となり、その周辺では NKK 揚水井に向かって水が流れていることが考えられる。

NKK の揚水井を中心に、水位差が大きいところが見られる。最も差が大きい NKK 揚水井付近では、その差は 1m 以上となる。

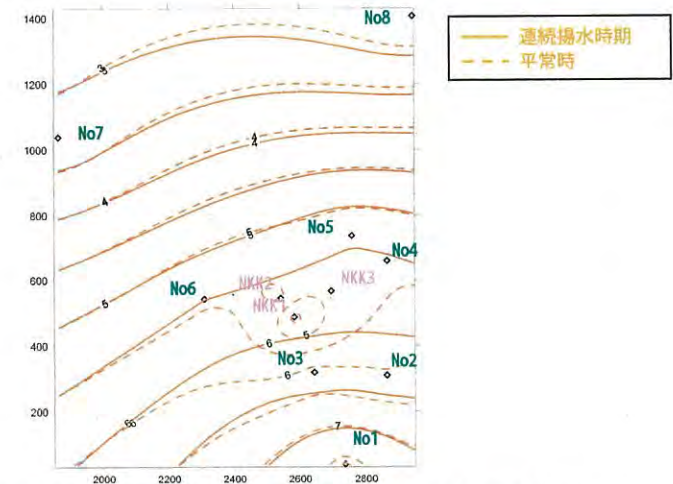


図 3-7 NKK の連続揚水時期と平常時（NKK の取水なし）との重ね合わせコンター図

### (3) 水質分析解析

観測井 No.1～No.8 (No.7 を除く) において、主要な金属化合物および塩化物イオンの値は、下記のようにまとめられる。

- ナトリウム：全体に同様な量であり、10～12mg/l
- カリウム：No.8 で5～8mg/l、他の地点は2～3 mg/l
- 硬度：全体に同様な量であり、51～61mg/l
- 鉄：No.6 および No.8 で0.4～2.3mg/l と高い数値  
No.5 で夏季のみ0.3 mg/l  
その他の地点は、0.03mg/l 未満
- 塩化物イオン：全体に同様な量であり、12～17mg/l

水質の異常値は、北側よりの観測井である No.8、No.5、No.6 で確認された。異常値を得た項目の特徴を以下に記載する。

#### ○カリウム

- ・河川水で約2mg/l、海水で391mg/l程度
- ・窒素やリンに比べて自然水中に含まれている
- ・人為的な汚染源は工業排水や肥料等が挙げられる

#### ○鉄

- ・地表水で0～1.5mg/l、地下水ではそれより高濃度。
- ・岩石や土壌由来、工場排水由来もある
- ・高濃度だと、不快な外観及び異臭味を呈する

以上のことから、調査地の北側においては、海に近いことから海水の影響を受けていたり、岩石、土壌由来もしくは農用地、工業排水由来の影響が及んでいる可能性が考えられる。その影響の度合いについては、カリウムの値に着目すると2～4倍、鉄の値に着目すると80倍程度と見積もられる。

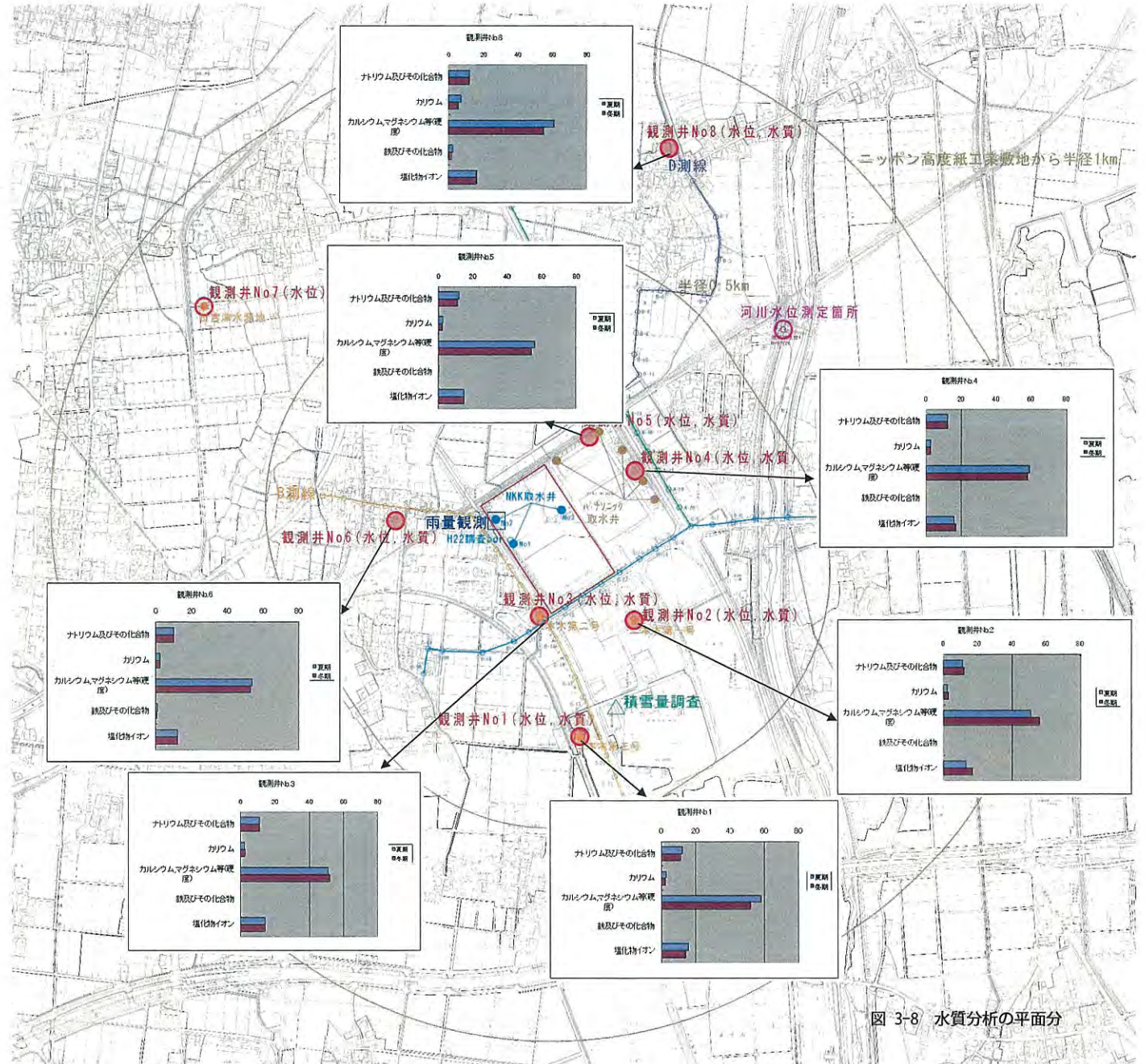


図 3-8 水質分析の平面分

### 3.2. 影響解析

#### (1) 土地利用の推移状況

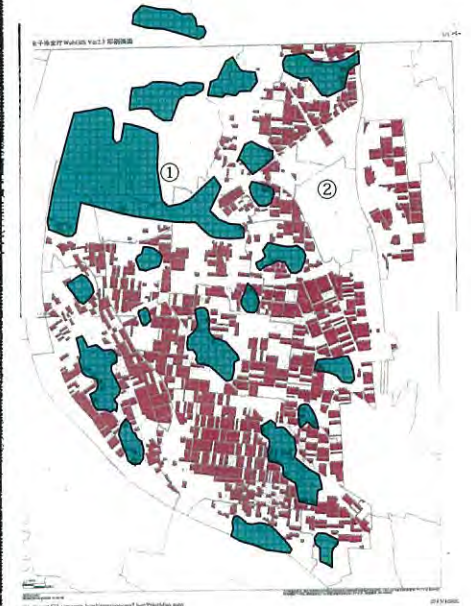
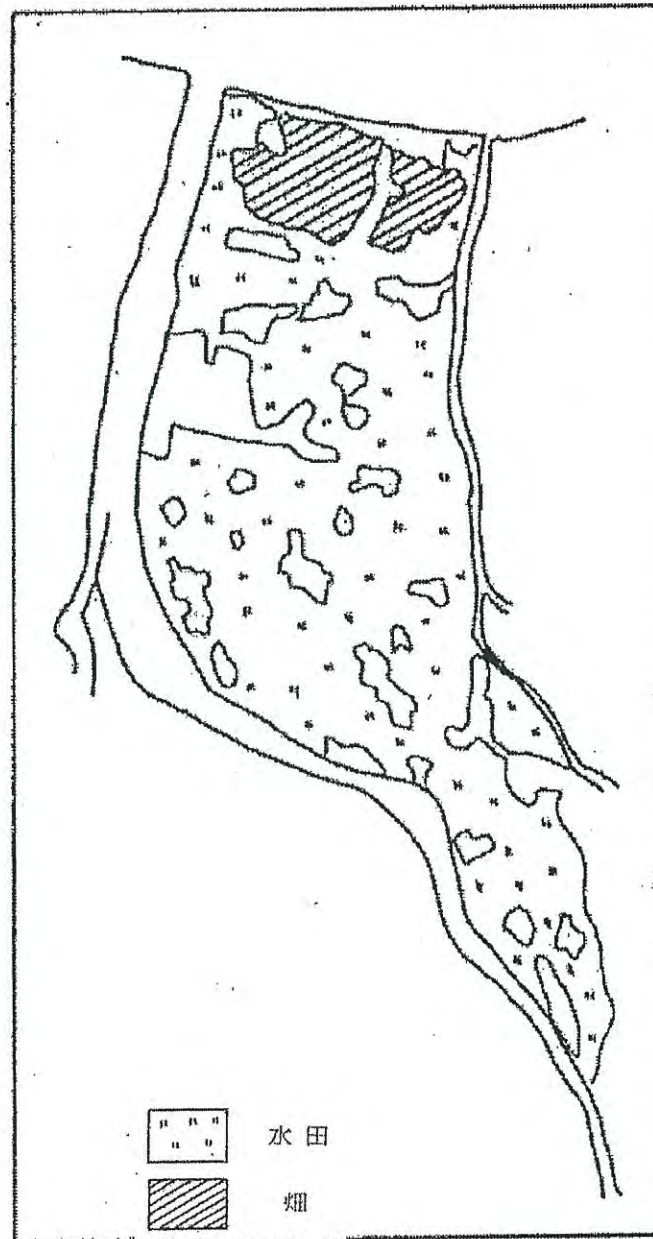
昭和49年の土地利用状況と平成24年の水張り水田を比較し、土地利用の推移状況を確認する。

平成24年度の水張り水田は、昭和49年の土地利用状況と比較すると減少傾向にある。昭和49年の土地利用で白抜きの部分(おそらく住宅地・工場)は、平成24年でも水田としての利用がない。昭和49年に水田に区分されたところで、平成24年に空白の箇所が多く認められる。特に①や②の部分で顕著である。①の部分は王子製紙米子工場付近、②は流通町付近である。



調査地付近の地形図

昭和49年



H24 水張り水田分布

図 3-9 土地利用(水田)の推移状況

(2) 昭和 57 年当時の水位データとの比較

〔平面分布〕

図 3-10 に昭和 57 年 12 月に調査された箕蚊屋平野の地下水位分布との比較を示す。本業務の調査範囲では、おおむね地下水位が 3.0～6.0m の範囲で分布し、南南東から北北西方向へ流れていることになっている。本業務の冬期（9 月中旬～5 月中旬）の観測結果でも同様の結果を得ており、昭和 57 年当時と大きな水位の変化はないものと考えられる。

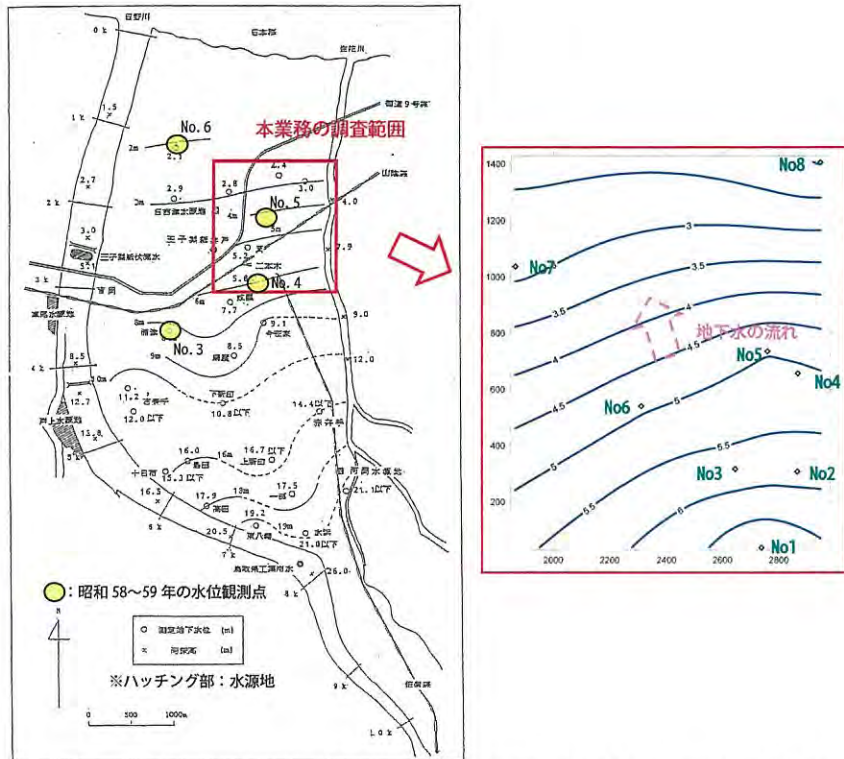


図 3-10 箕蚊屋平野の自由面地下水の地下水位（昭和 57 年 12 月 2 日、3 日）との比較  
（「道上他；米子市（日野川右岸地域）の地下水調査報告書（最終報告）、p. 38」に追記）

〔水位の比較〕

昭和 58～59 年の水位変動図を図 3-11 に示す。水位観測点は図 3-10 中に示す 4 地点である。これらの地点では、夏季で水位が高く、冬季で水位が低い傾向が認められる（水位差は 0.5～1.0m）。どの地点も 5～6 月で水位上昇し、9～10 月に水位低下する。この傾向は、本業務の観測でも確認される。水位差および水位が高い時期、低い時期ともに同様な傾向である。

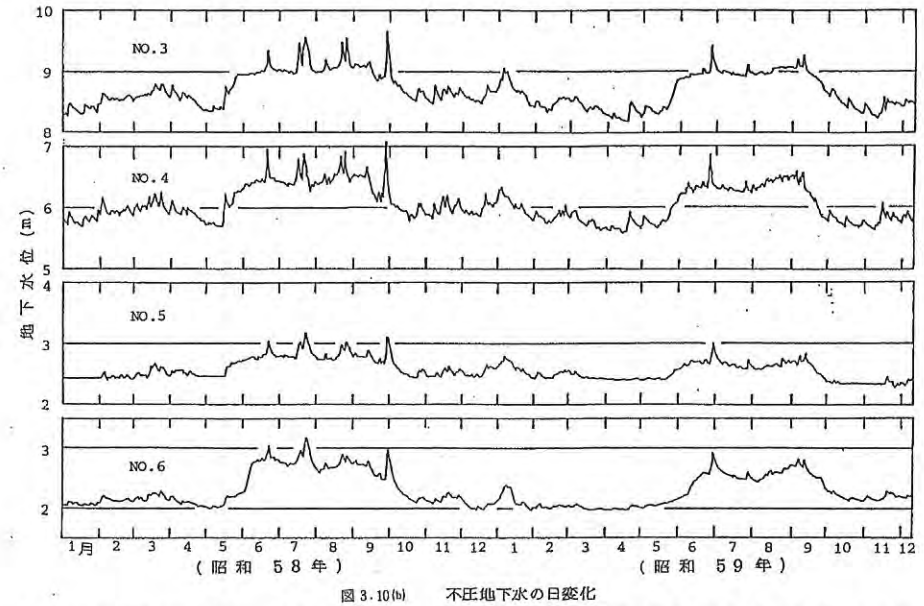


図 3-11 不圧地下水の日変化（「道上他；米子市（日野川右岸地域）の地下水調査報告書（最終報告）、p. 51」

(3) 水道局水源データの比較

[水位の比較]

図 3-12～図 3-15 に、水道局水源（観測井 No.1～No.3 および No.7）毎に、近年の水位データ（2009 年度～2013 年度）を比較する。水位データは、水位観測結果で整理したのと同様に、一日の最高水位で整理したものである。

また、図の下段には、各年度の降水量を示す。降水量は気象庁・米子のデータを引用している。

全体的な傾向として、過年度データと比べて観測期間中の水位標高が低いのは、2012 年度の 10 月、2012 年度の 3 月～2013 年度の 5 月にかけてである。また、観測井 No3 においては、2012 年度の 6 月～8 月にかけて、過年度よりも水位標高が低い傾向にある。すなわち、NKK により揚水が行われることで、水位が低下していることが伺える。ただし、過年度との差は、いずれも 10～20cm 程度となっている。

また、観測井 No7 では、ほとんど過年度と変わらない水位標高となっている。

以上より、NKK の取水の影響として、観測井 No1～3 において、6 月～7 月の連続揚水的な揚水や、地域全体の水位が低下する 9 月中旬～5 月中旬の期間での揚水により、一時的にこれまでにない水位低下が生じている可能性がある。ただし、その水位低下量は 10～20cm 程度であり、降水量等の影響で変化する範囲と考えられる。

また、各観測井のスクリーン設置深度は、水位標高と比べてかなり深い位置にあり、本観測で確認される程度の水位低下では、水位がスクリーン設置深度まで低下することは考えられない。

[水位と降水量の関係]

表 3-1 に過年度の月間降水量を示す。過年度の水道局水源地の水位データ変動は、降水量に対応したものが多数見られる。

例えば、2011 年度の 5 月には、いずれの観測井も 5 月 10 日頃に大きな水位上昇が見られる（最大で 1m 程度）。この時の降水量は 1 日で 150mm 超え、月間でも 350mm を超える量となっており、降水量に応じて水位が変動したものと考えられる。その他にも 2011 年度の 9 月や 2010 年度の 1 月でも降水量が多く、それに応じたと考えられる水位の上昇が見られる。

また、2011 年度の 11 月では、いずれの観測井も 20～30cm 程度他の年より低い水位を示す。2011 年度の 10 月～11 月にかけては他の年より降水量が少なく、その影響で水位が低かったものと考えられる。同様に、2009 年度の 12 月から 2 月にかけても 20～30cm 程度、他の年よりも水位が低くなる。この時も 2009 年度の 12 月に降水量が少なかった影響と考えられる。

しかし、降水量とは関連性が低いと考えられる水位変動も見られる。2011 年度の 7 月から 8 月にかけては、観測井 No.1～No.3 において、連続的に水位が低い状態が確認される。他の年と比べて 40～50cm 程度低くなっている。また、2010 年度および 2011 年度には、観測井 No.1～No.3 において、1m 程度の水位の急上昇・急下降が見られる。これらの変動については、その時期の降雨が特に多い少ないがなく、水位との関連性は低いと考えられる。この原因については不明である。

表 3-1 過年度の月間降水量

| 月  | 2009 年度 | 2010 年度 | 2011 年度 | 2012 年度 | 2013 年度 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| 4  | 115.5   | 141.0   | 107.5   | 85.0    | 119.5   |
| 5  | 36.5    | 89.5    | 37.5    | 97.0    | 38.5    |
| 6  | 212.0   | 138.5   | 129.5   | 130.5   | 172.0   |
| 7  | 37.5    | 214.0   | 175.5   | 150.5   |         |
| 8  | 59.0    | 57.0    | 88.0    |         |         |
| 9  | 76.0    | 145.0   | 43.0    | 123.5   |         |
| 10 | 97.5    | 154.5   | 84.5    | 107.5   |         |
| 11 | 234.0   | 103.0   | 60.0    | 124.5   |         |
| 12 | 91.5    | 261.5   | 251.5   | 166.0   |         |
| 1  | 114.5   | 221.5   | 168.5   | 106.5   |         |
| 2  | 120.5   | 122.5   | 108.0   | 74.0    |         |
| 3  | 190.0   | 117.0   | 172.0   | 70.5    |         |
| 計  | 1663.5  | 1765.0  | 2154.5  | 1367.0  |         |

※ 他年度と比較しての最大値  
他年度と比較しての最小値

(「気象庁 HP；気象庁（米子）過去の気象データ」より)

[水質の比較]

表 3-2 に、水道局水源（観測井 No.1～No.3）毎の近年の水質データ（主要な金属化合物および塩化物イオンの 2008 年度～2012 年度の 8 月および 11 月の値）を示し、図 3-16 にこれらのデータの経年的な変化を示す。

2012 年度より、NKK にて本格的な揚水が開始されているが、水質の大きな変化は見られない。



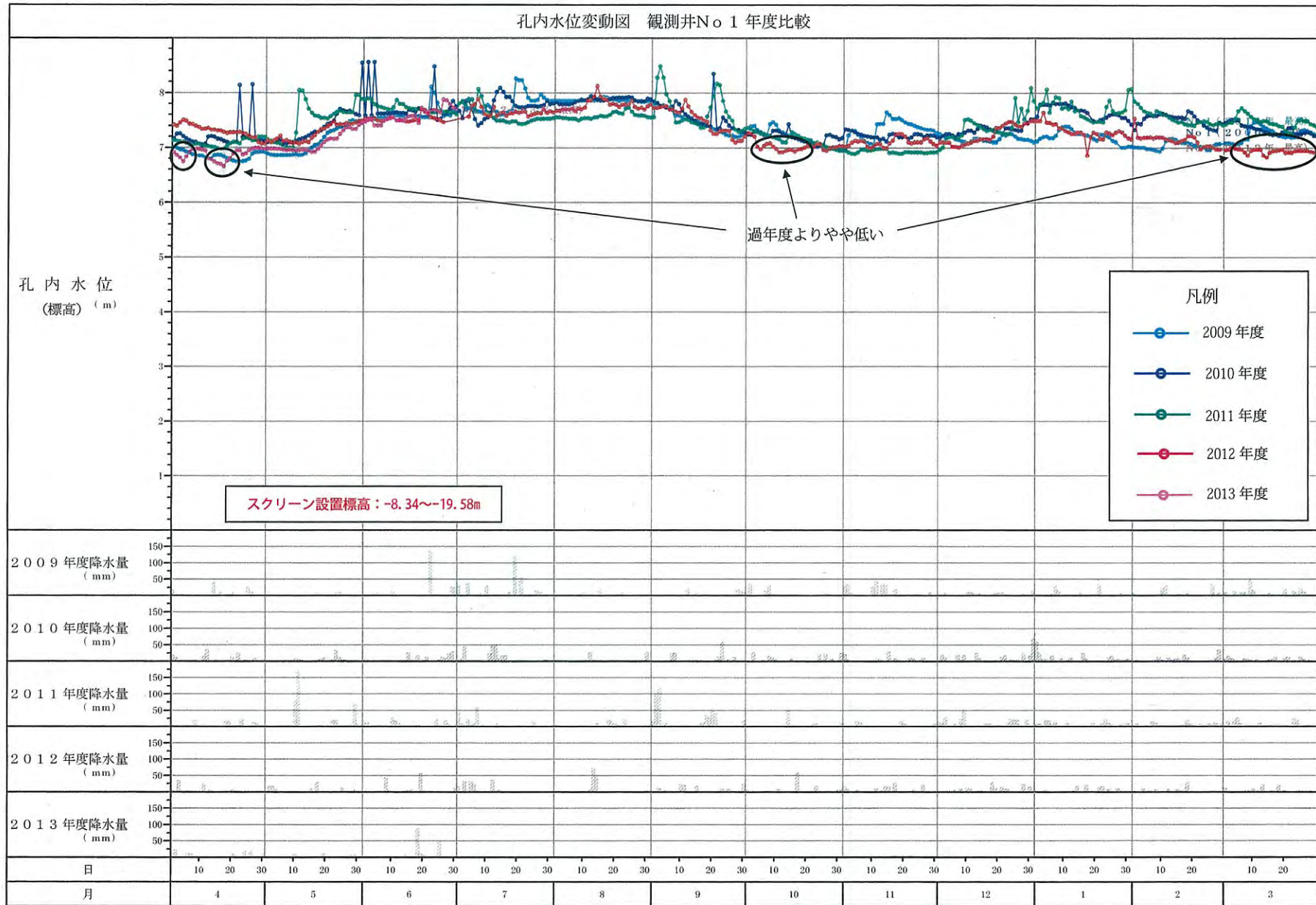


図 3-12 過年度データとの比較 (観測井 No1)

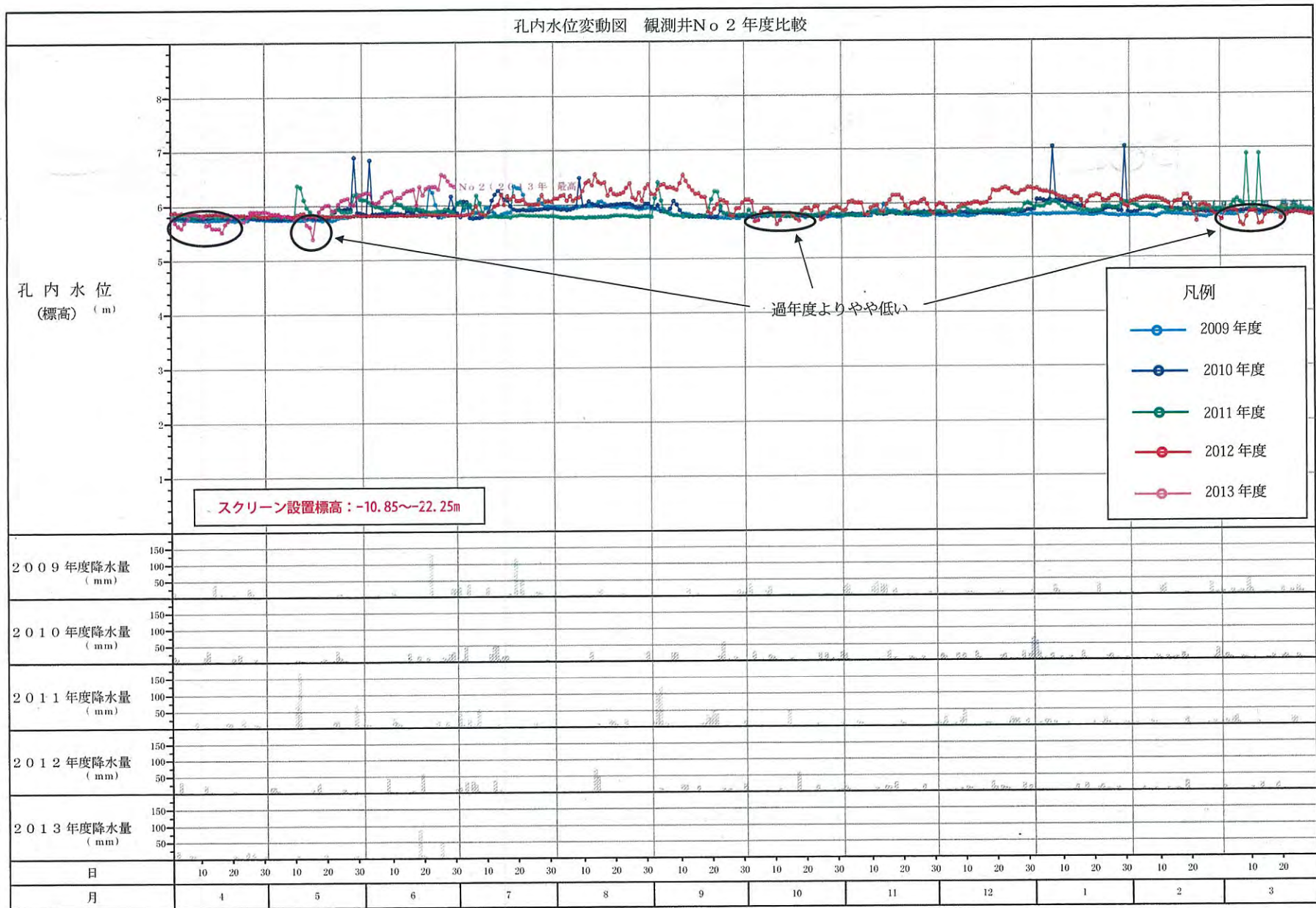


図 3-13 過年度データとの比較 (観測井 No2)

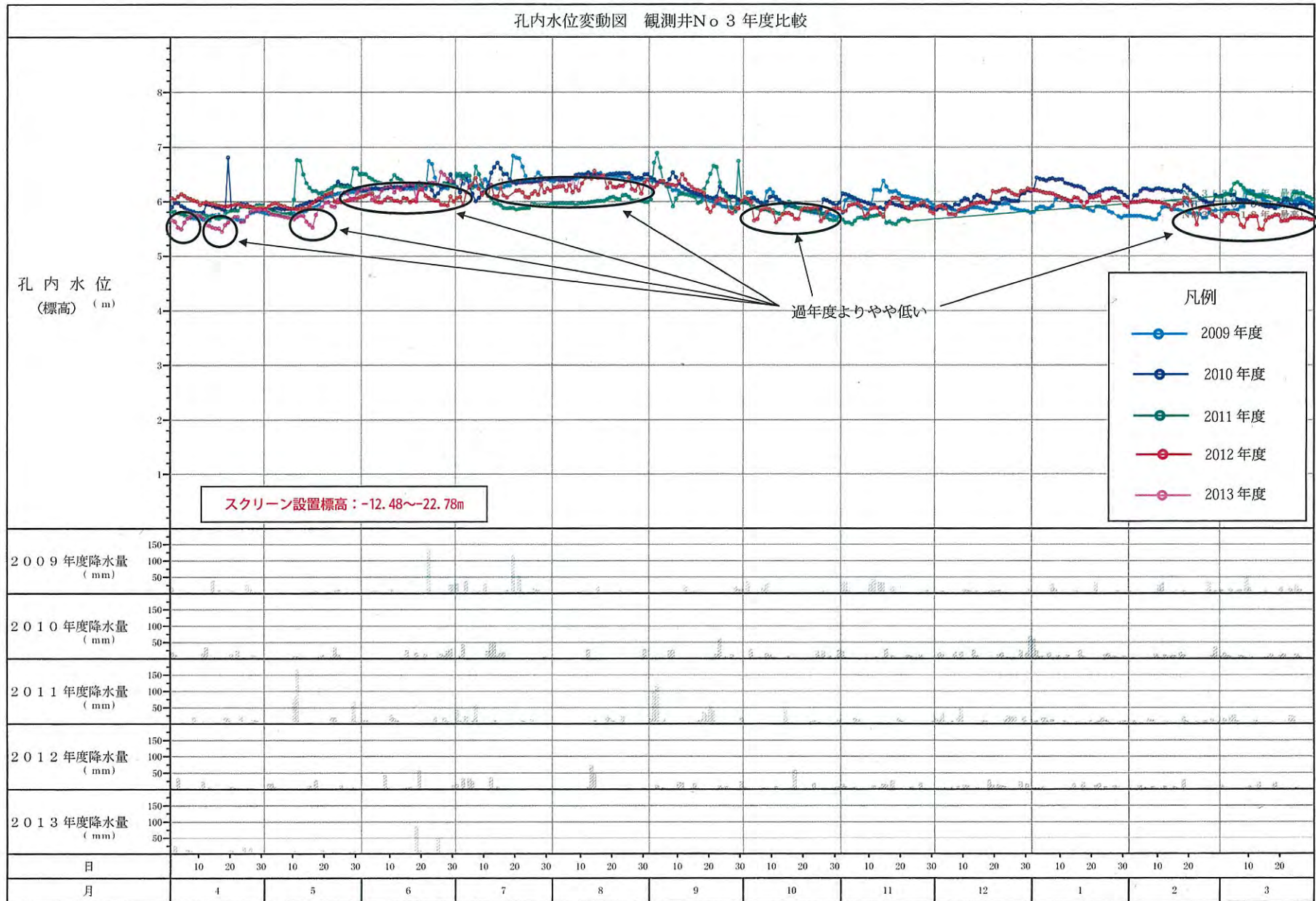


図 3-14 過年度データとの比較 (観測井 No3)

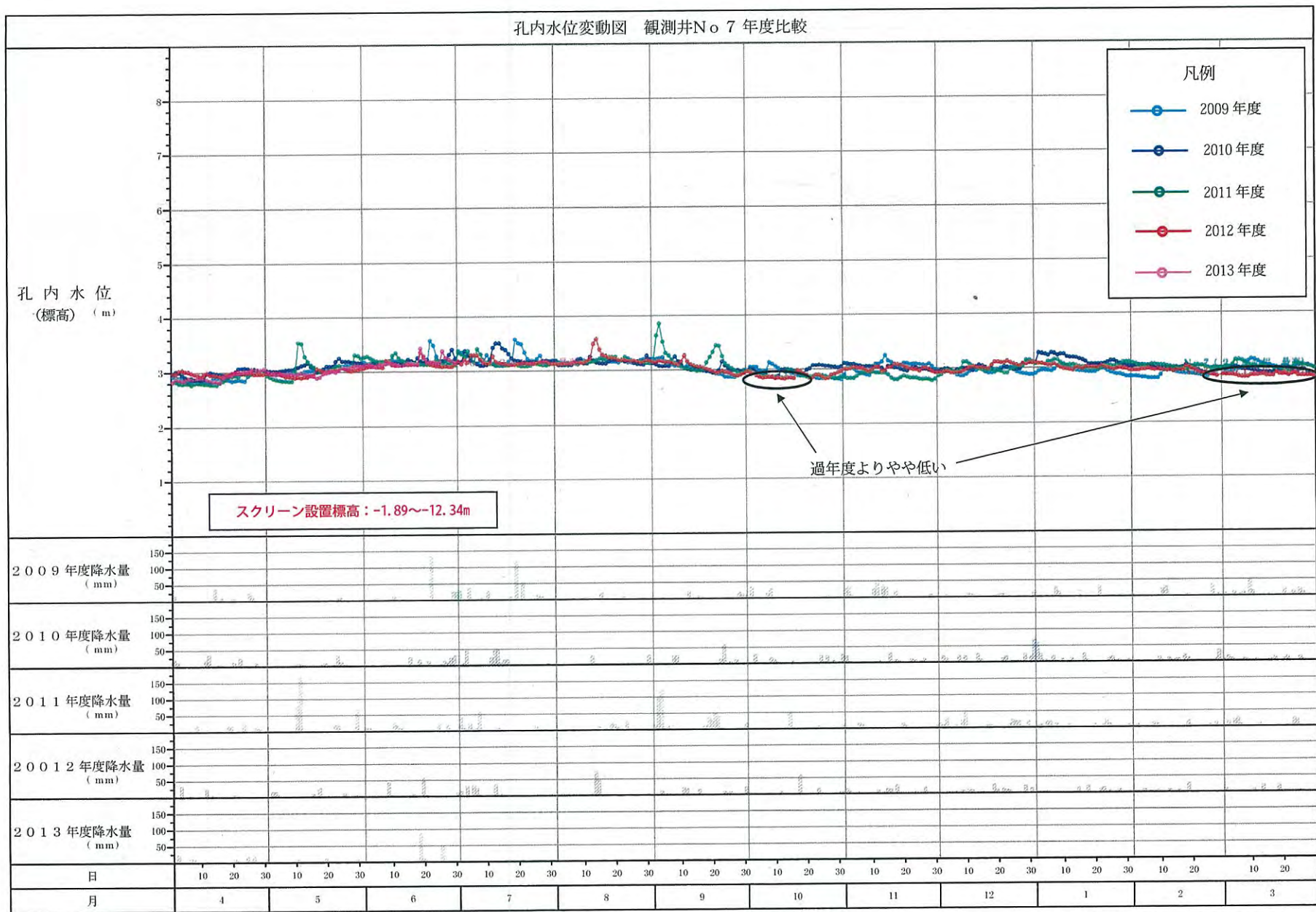


図 3-15 過年度データとの比較 (観測井 No7)

表 3-2 水道局水源 近年の水質データ

No.1

(二本木第3取水井)

(単位:mg/l)

| 項目                 | 2008/12/1 | 2009/8/17    | 2009/11/10    | 2010/8/4     | 2010/11/9 | 2011/8/1     | 2011/11/8 | 2012/8/28     | 2012/11/6 |
|--------------------|-----------|--------------|---------------|--------------|-----------|--------------|-----------|---------------|-----------|
| ナトリウム及びその化合物       |           |              |               |              | 11        |              | 11        |               | 12        |
| カリウム               |           | 2.7<br>(9/2) | 2.6<br>(12/9) | 2.4<br>(9/2) | 2.6       | 2.5<br>(9/5) | 2.5       | 2.6<br>(9/18) | 2.6       |
| カルシウム, マグネシウム等(硬度) | 52.8      |              |               |              | 54.8      |              | 53.1      |               | 53.8      |
| 鉄及びその化合物           |           |              |               |              | <0.03     |              | <0.03     |               | <0.03     |
| 塩化物イオン             | 14.1      | 15.1         | 13.8          | 14.8         | 13.8      | 15.7         | 14.1      | 13.6          | 13.3      |

No.2

(二本木第1取水井)

(単位:mg/l)

| 項目                 | 2008/8/6 | 2008/11/4 | 2009/8/17    | 2009/11/10    | 2010/8/4     | 2010/11/9 | 2011/8/1     | 2011/11/8 | 2012/8/28     | 2012/11/6 |
|--------------------|----------|-----------|--------------|---------------|--------------|-----------|--------------|-----------|---------------|-----------|
| ナトリウム及びその化合物       |          |           |              |               |              | 12        |              |           |               | 13        |
| カリウム               |          |           | 2.7<br>(9/2) | 2.7<br>(12/9) | 2.6<br>(9/2) | 2.8       | 2.7<br>(6/6) |           | 3.0<br>(9/18) | 2.8       |
| カルシウム, マグネシウム等(硬度) |          |           |              |               |              | 59.8      |              |           |               | 58.2      |
| 鉄及びその化合物           |          |           |              |               |              | <0.03     |              |           |               | <0.03     |
| 塩化物イオン             | 16.5     | 17.4      | 17.8         | 16.7          | 16.8         | 17.0      |              |           | 16.8          | 16.8      |

No.3

(二本木第2取水井)

(単位:mg/l)

| 項目                 | 2008/8/6 | 2008/11/4 | 2009/8/17    | 2009/11/10    | 2010/8/4     | 2010/11/9 | 2011/8/1     | 2011/11/8 | 2012/8/28     | 2012/11/6 |
|--------------------|----------|-----------|--------------|---------------|--------------|-----------|--------------|-----------|---------------|-----------|
| ナトリウム及びその化合物       |          |           |              |               |              | 11        |              | 11        |               |           |
| カリウム               |          |           | 2.6<br>(9/2) | 2.5<br>(12/9) | 2.3<br>(9/2) | 2.4       | 2.7<br>(6/6) | 2.4       | 2.5<br>(9/18) | 2.5       |
| カルシウム, マグネシウム等(硬度) |          |           |              |               |              | 52.8      |              | 53.9      |               |           |
| 鉄及びその化合物           |          |           |              |               |              | <0.03     |              | <0.03     |               |           |
| 塩化物イオン             | 14.5     | 14.2      | 14.8         | 13.9          | 14.4         | 13.8      | 14.6         | 14.2      | 13.9          | 13.2      |

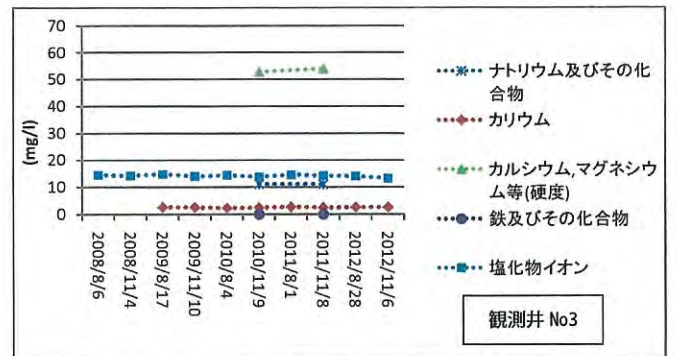
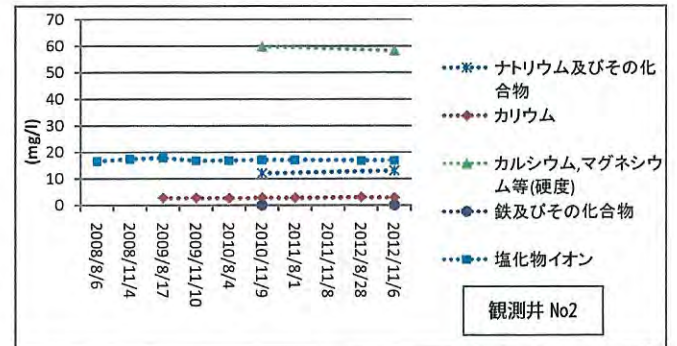
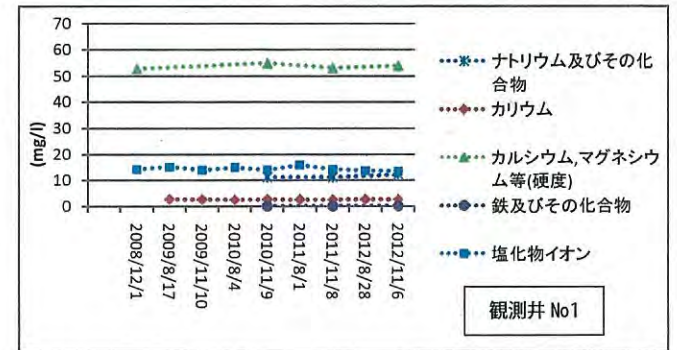


図 3-16 水道局水源 近年の水質データの変化

(4) NKK の揚水による周辺井戸への影響の評価

図 3-17 に NKK の揚水により水位が下がっている状態（周期的な揚水および連続揚水時）の地下水コンターの平面分布を示す。地下水コンターは、前出の周期的な水位変動および連続揚水に伴う水位低下時のものである。

NKK の揚水に伴い水位が低下する範囲は、NKK の取水井を中心として、半径 500m 以内に収まっている。観測井 No で示すと、観測井 No. 1~No. 6 には影響が見られるが、観測井 No. 7~8 には影響が見られない。

従って、現在の取水量における NKK の取水の影響範囲は 500m 程度までと見なすことができる。

周期的な揚水時における周辺の水位降下量は最大でも概ね 30cm 程度であり、2~3 日間の揚水の休止で、水位が回復する。

周辺観測井のスクリーン設置深度は、標高-8.0m 以深であり、本観測で確認される程度の水位低下では、スクリーン設置深度まで水位が低下することは考えられず、実質的に周辺井戸の取水には影響ないものと判断する。

図 3-18 に、当地域における米子市水道局の既往取水実績と平成 24 年度の NKK 取水実績を示す。図中の揚水量（縦軸）は、年間の取水量を 1 日当たりの取水量に割り戻した値である。

平成 24 年度の NKK の取水量（二本木の取水を含む）は、約 2,100m<sup>3</sup>/日である。当地区では、過去に 6,000m<sup>3</sup>/日を超える取水の実績があり、当時と比較すると現在の取水量は 1/3 程度の量となる。

取水量の点から見ても、NKK の取水により、新たに周辺井戸に対する影響が生じることは考えにくい。

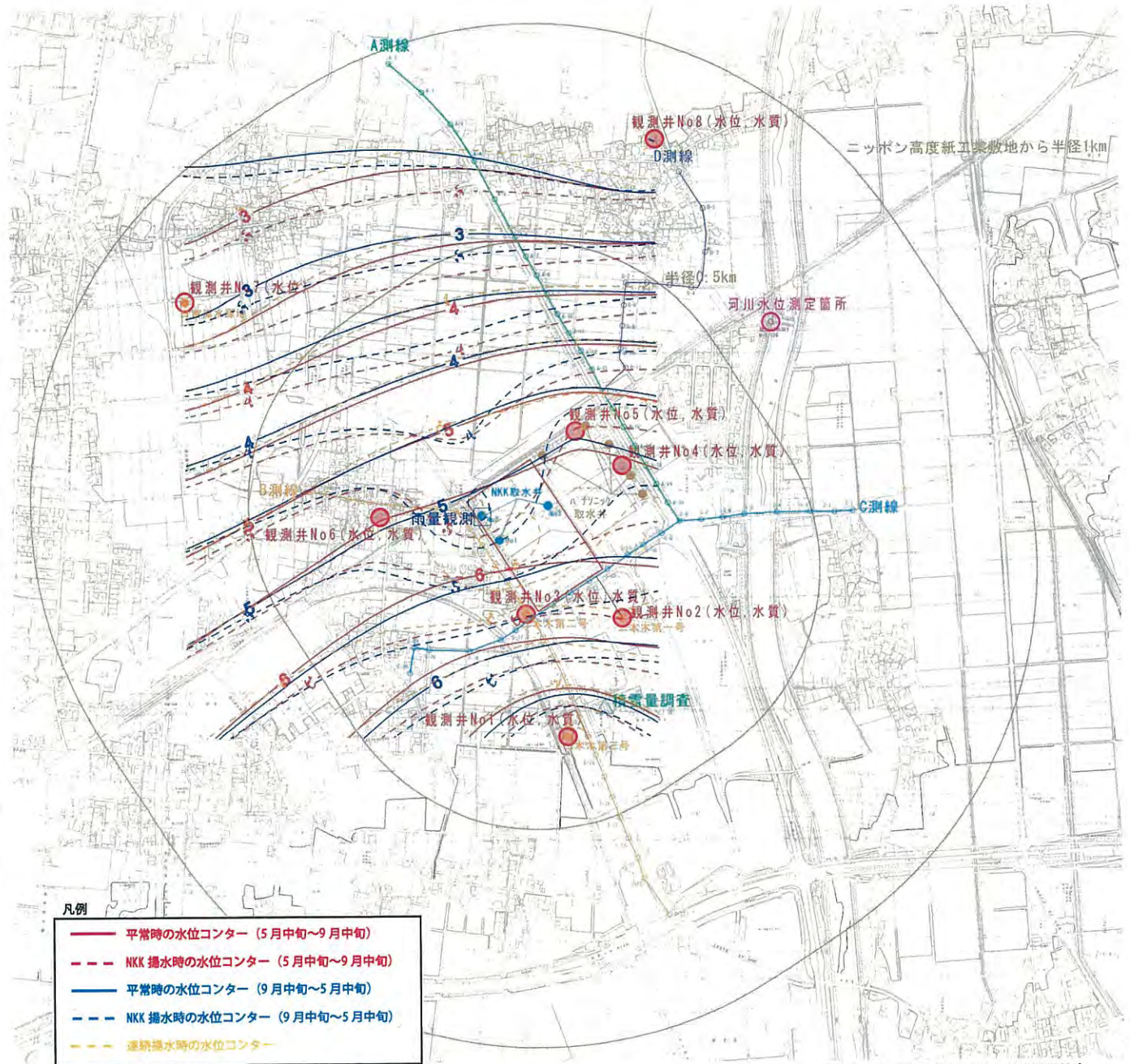


図 3-17 地下水コンターの平面分布

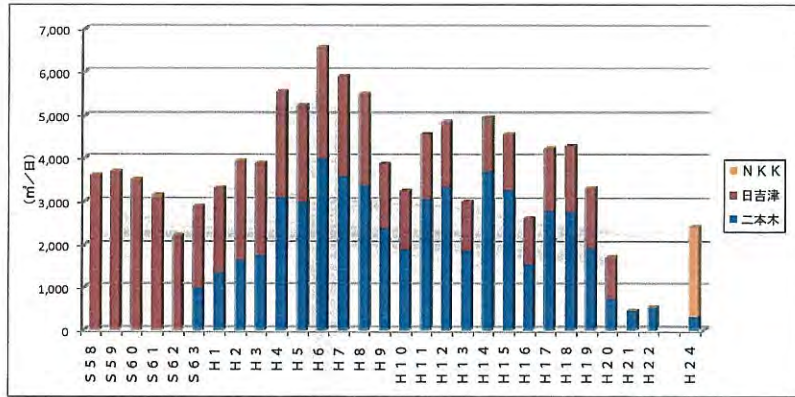


図 3-18 米子市水道局の既往取水実績と H24 年度 NKK 取水実績の比較

(5) 揚水と地盤沈下の関係性

大きな水位の傾向としては、水田の水張り時期に上昇し、水がない時期に下降する。地盤変動も、それに対応するように水がない期間では沈下傾向を示し、水張り時期になり回復傾向を示す。

ただし、冬季の融雪と考えられる水位上昇等に鋭敏に反応するわけではなく、大きなトレンドとして水のない時期に沈下し、水張りの期間に回復しているように見える。

したがって、水田の状況の違いによる周辺地域全体の水位変動に対しては、地盤も追従して変動する傾向があると考えられるが、それ以外の融雪や NKK の揚水に対しては、水位の変動期間が短く、水位の変動量も小さいため、それに反応して地盤が変動する可能性は少ないと考えられる。

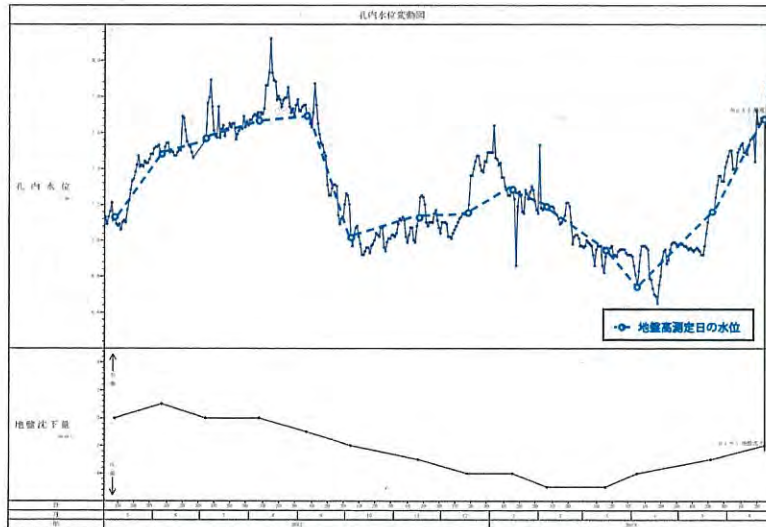


図 3-19 孔内水位変動と地盤変動の対比 (観測井 No1-B18)

(6) 水位変動と地盤変動の平面的対比

図 3-20 に本業務で得られた地盤沈下コンターと NKK 揚水時の水位コンターを示す。

図では、水位低下の大きい地点の比較的近くで地盤沈下量が大きくなっているものの、正確に一致するものではないことがいえる。水位低下は NKK の取水井周辺が大きくなるが、地盤沈下量が大きいのは、NKK 取水井から 300m 程度東にずれたミネベア (旧パナソニック) の南東角付近が大きくなっている。また、NKK 取水井から 500m 程度北東側の佐陀集落の南側でも沈下量が大きくなっている。

仮に、NKK の揚水が沈下の誘因であるとする、水位低下量以外に、地盤構成等も沈下量の大きさを決める要因となっていることが考えられる。

また、NKK の揚水に関係なく、周辺の地下水位の上下動によって沈下が生じているにしても、沈下量が大きいところとそうでないところが生じている要因は、地盤構成等の違いによるものと考えられる。

図 3-21～図 3-24 に水準測量の測線に沿った推定地層断面図と前述の地下水位の平面分布を元にした想定地下水位線を示す。

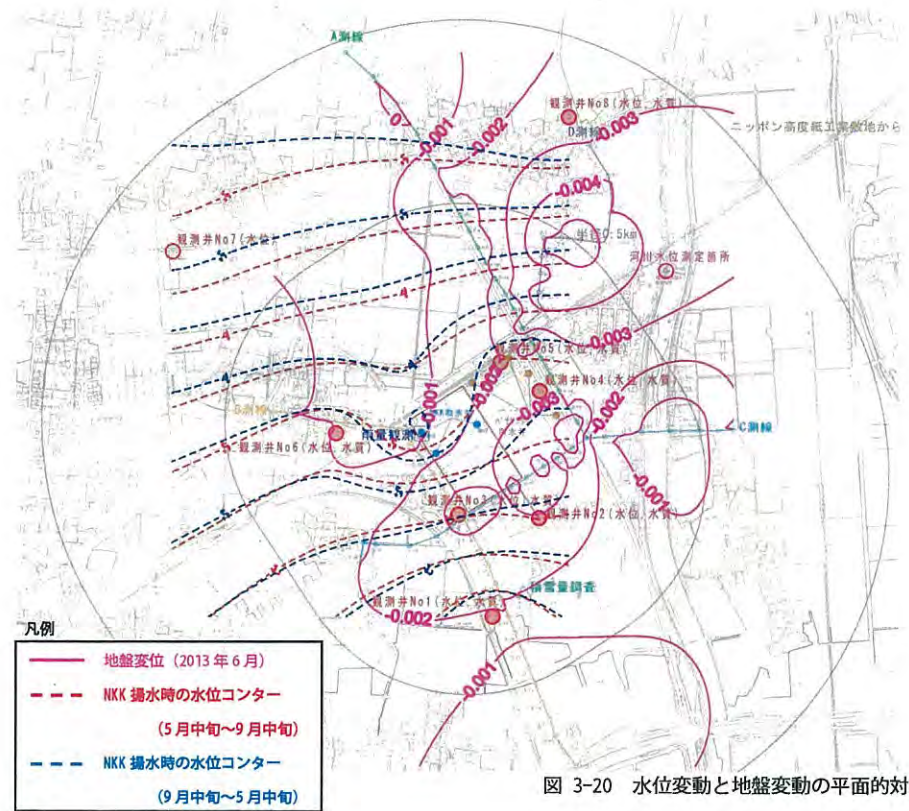


図 3-20 水位変動と地盤変動の平面的対比

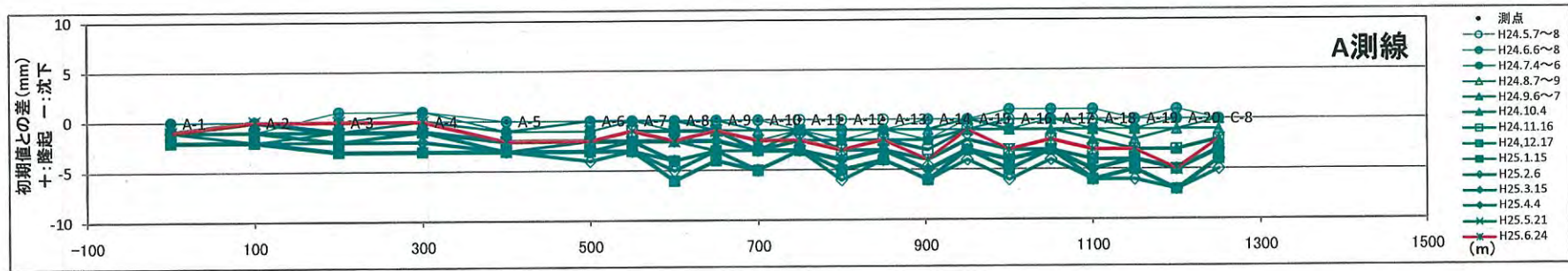
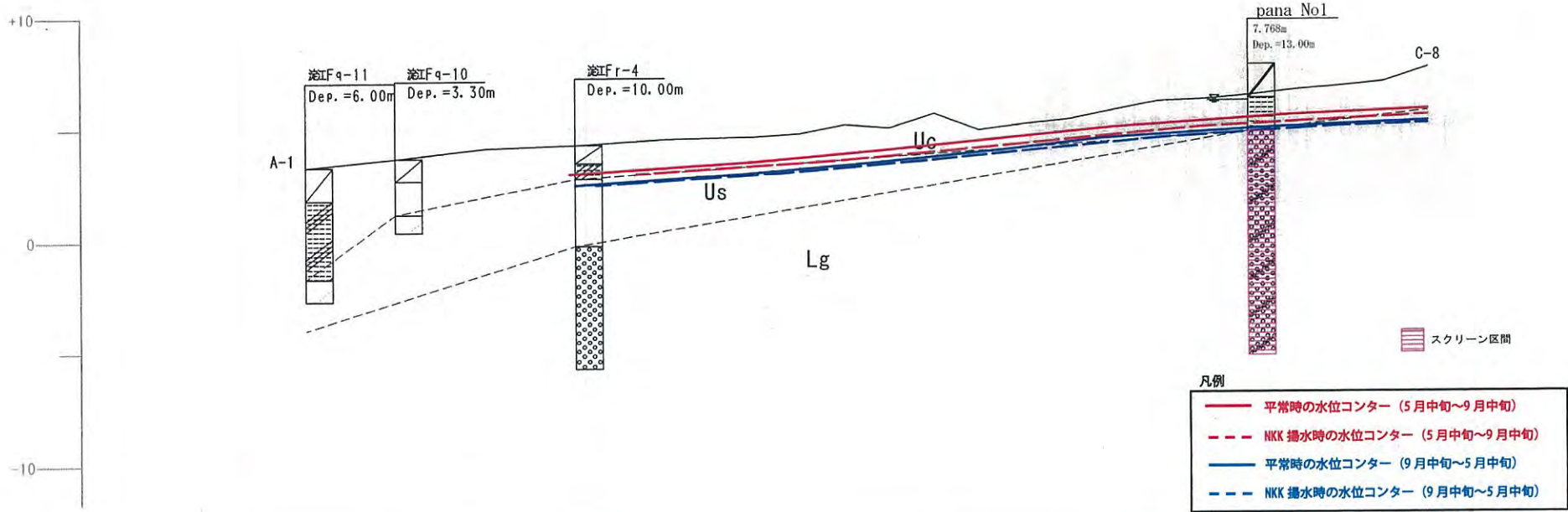


図 3-21 推定地層断面図と想定地下水位線 (A 測線)



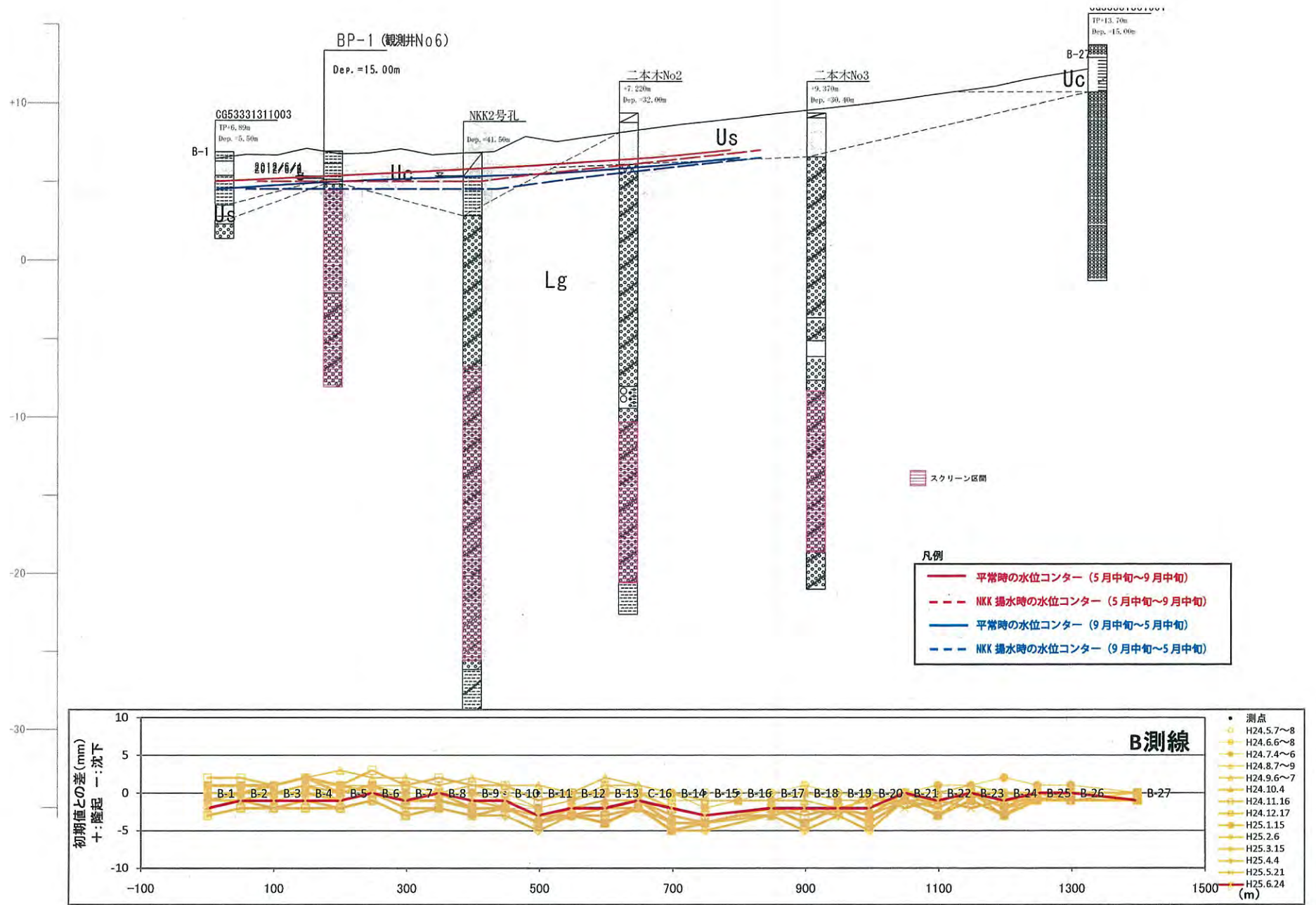


図 3-22 推定地層断面図と想定地下水位線 (B 測線)

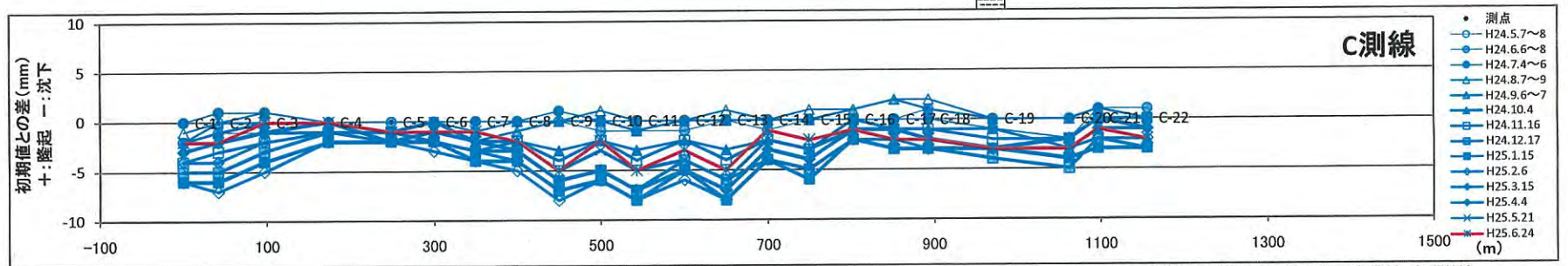
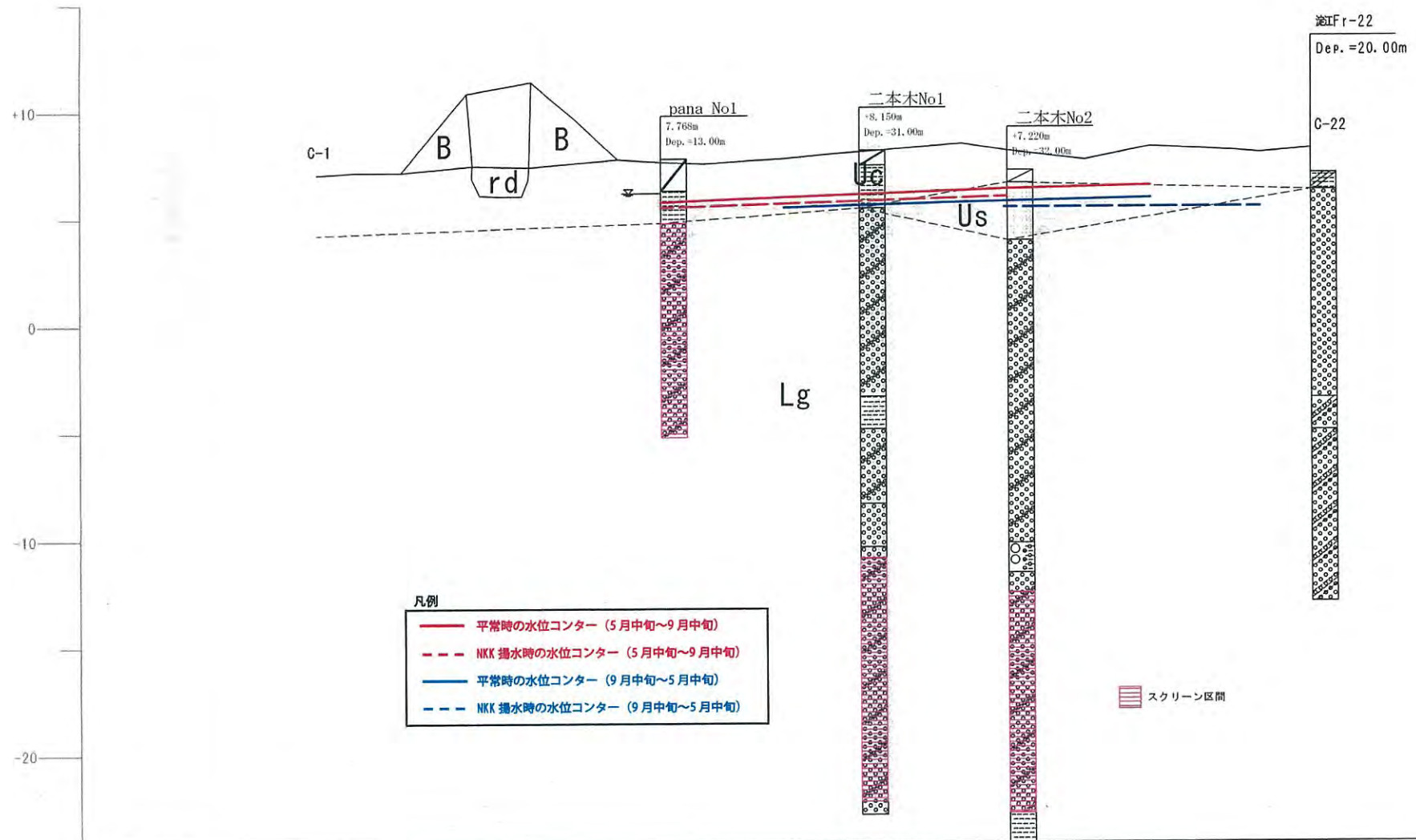


図 3-23 推定地層断面図と想定地下水位線 (C測線)

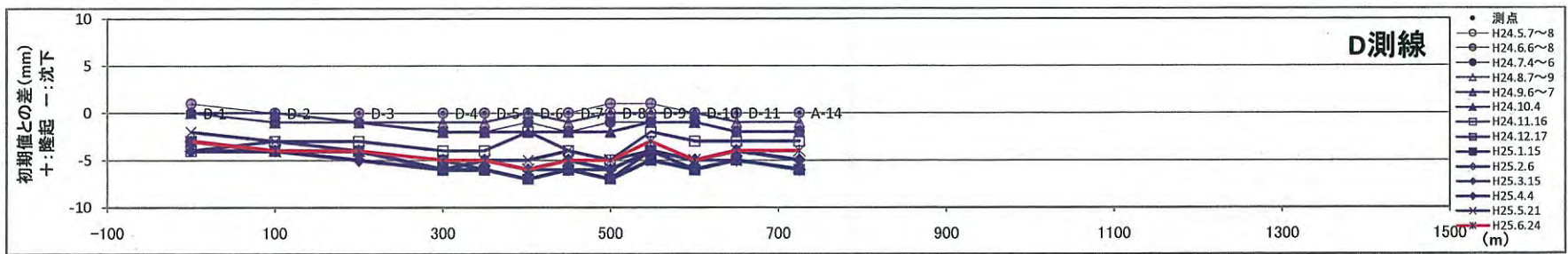
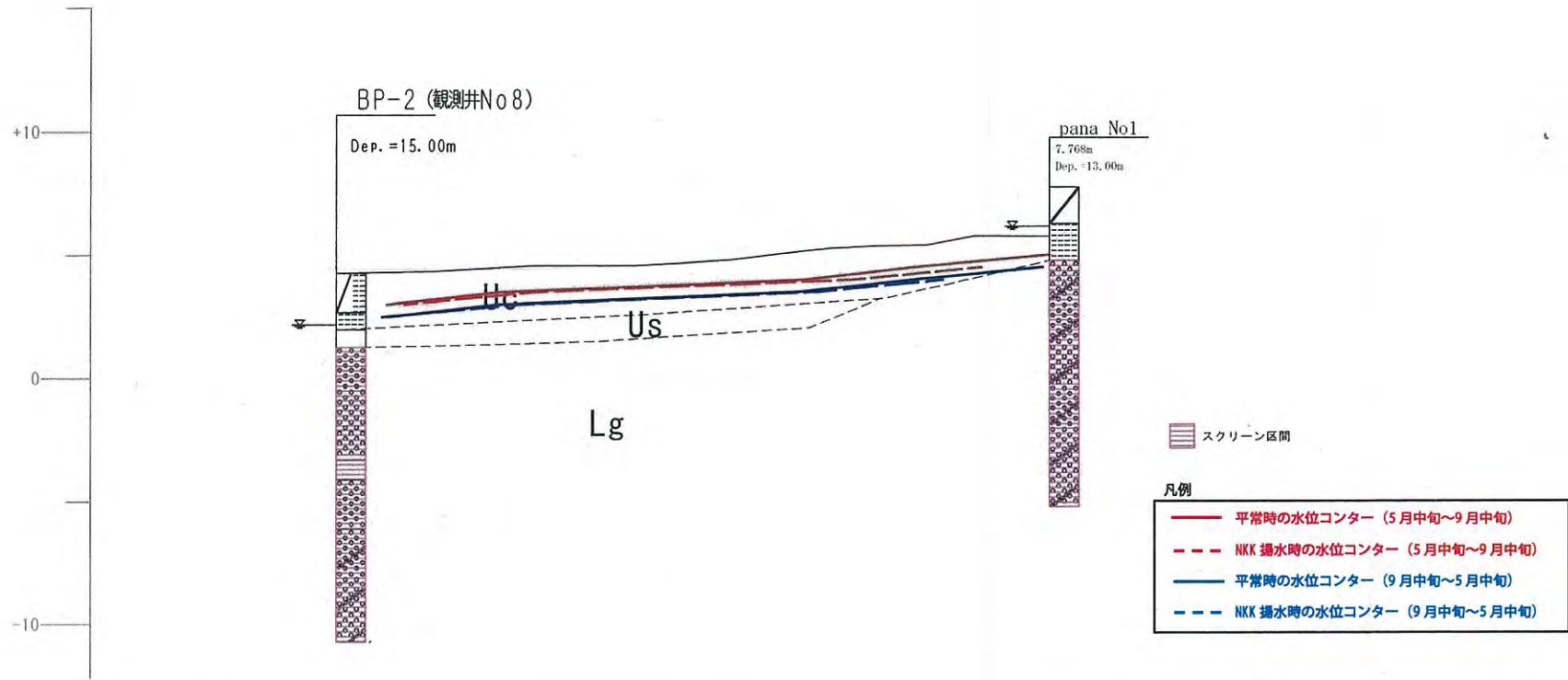


図 3-24 推定地層断面図と想定地下水位線 (D 測線)

#### 4. まとめ

本業務の調査結果を以下にまとめる。

地盤高観測により、NKK から見て東側の方向を中心として、夏期に沈下傾向、冬期に回復傾向を示す地盤変動が観測された。

この沈下、回復の傾向については、恐らく実際に生じている現象を捉えているものと考えられるが、観測値については誤差として許容される値の範囲を超えるものではない。

したがって、観測終了時の2013年6月時点で、観測初期の値まで回復していない点も多数認められるが、実際に沈下しているか、実際には回復しているが誤差として沈下した値となっているのかを判断するのは困難である。

地下水位観測においては、水田の水張りの有無により、地下水位が上下動することが確認された。その上下動幅は概ね50cm程度である。

また、NKKの揚水に関しても、NKKの揚水に連動して、近傍500m程度の範囲に入る地点については地下水位が変動していることが確認された。その変動幅は最大30cm程度で、水田の水張りの有無による上下動幅よりも小さい。

地盤高の変化が経年的に見て、どのような傾向にあるのかは、詳細なデータが入手できなかったため不明である。そのため、この1年で観測された沈下・回復のトレンドを示す上下動が毎年生じているのか、また、このトレンドを繰り返しながらも沈下傾向にあるのかは不明である。

しかし、水田の水張りの有無と地盤変動は、比較的相関のよい動きとして捉えられるため、恐らく、毎年繰り返される地盤変動として考えてよいものと考えられる。

地下水位の変化を経年的に見ると、大きな水位の変化はないものの、NKKの揚水の影響で、過年度よりも水位低下が生じている可能性が示唆される。ただし、その値は10~20cm程度であり、降水量等の影響によっても変化する量と考えられる。

NKKの揚水による影響範囲は、NKK取水井を中心として500m程度以内と考えられ、揚水を停止した場合は2~3日程度で水位が回復する。周辺井戸のスクリーン設置標高は-8m以深であり、実質的には現在の取水量においては、周辺井戸の取水には影響ないものと考えられる。

加えて、米子市水道局の既往取水実績(約6,000m<sup>3</sup>/日)と比較すると、調査期間の取水量(約2,100m<sup>3</sup>/日)は1/3程度の量であり、取水量の点から見ても、新たな周辺井戸への影響は考えにくい。

NKKの揚水による影響と地盤変動の関係性については、例えば、NKKを中心として地盤沈下が生じている等の直接的に関係性があるようなデータは得られなかった。また、旧河道との相関性も確認できなかった。

しかし、大きな傾向としては、一年を通じて沈下が累積するのではなく、水田の水張りに伴う水位変化に追従し回帰する傾向が見られる。

水田の水張りによる水位変化は、調査地全域にわたって50cm程度の上下動が確認される。一方、NKKの揚水による影響範囲はNKK取水井を中心として半径500m程度以内であり、その水位変動量も30cm程度である。

NKKの揚水による水位変化量とその範囲に比べて水田の水張りによる水位変化量とその範囲の方が大きいこと、過去の米子市水道局の揚水実績よりも揚水量が少ないことを考えると、現在の取水量におけるNKKの揚水が原因で、周辺地域に有意な地盤変動が生じる可能性は低いと考えられる。

以上