

## 10.8 基于广域三维模式的预测

### 10.8.1 地下水抽水计划方案

调查地区未来的地下水利用和水资源变动情况，取决于经济发展特别是农业发展、人口增加和改善水资源利用现状的各种措施。各因素单独也可以假定有多种变化类型，所以如果结合多种措施，则会产生任意多的数种方案。因此，把经济条件、各措施因素影响、及其组合结果的确认作为要点，分成基本方案与评估方案，拟定了 3 种基本方案和 10 种评估方案。

通过对这些方案的计算结果进行分析，为实现水资源管理计划中所规定的管理目标，还拟定了如后所述的 2 个理想方案（为了鄯善县的理想方案）。

各方案的基本条件和主要内容如下。

#### a. 预测期间与基础数据

地下水模拟模式的验证期间，考虑到 1994 年以后的数据量、精度和验证结果精度等，定在了 1994 年~2003 年的 10 年间。预测计算期间为 2004~2020 年的 17 年间。

模式的计算期间（一组输入数据的最小时间单位）为 1 个月，所以在各种方案中都准备了  $17 \times 12 = 204$  组数据。

地下水抽水原则上被认为是无法利用其他水源时的最后手段，所以抽水量的变动首先受到吐鲁番盆地内的主要水源即河流流量和利用量的支配，利用下列算式计算地下水抽水需要量。

$$GW = WD - SW - SP - KE$$

算式中：GW 是地下水抽水需要量

WD 是生活、农业、工业等综合水资源需求量

SW 是河流地表水可利用量

SP 是泉水可利用量

KE 是坎儿井水可利用量

#### a.1 水资源需要量 (WD)

各预测年度的水资源需求量 (WD) 取决于社会经济结构的设定结果，综合人口变动、农田面积增加、灌溉用水量定额变化、节水灌溉实施等因素求出。河流地表水的可利用量以通过水文分析求出的过去 10 年间（1994 年~2003 年）河流水量为基础制作而成。

#### a.2 河流流量 (SW)

预测计算的最初 10 年间（2004 年~2013 年），直接应用了过去 10 年间的河流流量和可利用量。但是，预测计算后半部分的 7 年（2014 年~2020 年），其中的河流流量和可利用量设定并不是单纯地重复使用 1994 年~2000 年 7 年间的的历史数据，为了提高预测结果的可信性而采用了比较安全的数据，将河流流量较大的 3 年间（1998、1999、2002 年）除去后按顺序使用（如果将这 3 年包括在最后 3 年（2018~2020 年）之中的话，在为了维持地下水位而进行的预测中会成为危险方）。

预测年和河流流量数据利用年之间的关系如表 10.8.1 所示。

表 10.8.1 预测年和河流流量数据利用年的对应表

预测年顺序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
预测计算年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
数据利用年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
当年泉水利用量 (百万m <sup>3</sup> )	462	527	547	415	667	604	583	351	545	528

预测年顺序	10	11	12	13	14	15	16	17
预测计算年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
数据利用年	2003	1994	1995	1996	1997	2000	2001	2003

河流流量又分为 3 种。

- 河流利用量（实际灌溉用水量）
- 河流引水损失量（水渠浸透损失量）
- 河流放流量（不引水而在山前放流的水量）

上述河流流量，是根据水文分析调查的结果，在对 14 条常年河流况即在枯水期和丰水期（大概与非灌溉期和灌溉期相对应）的流量变化、与各河流对应的水渠和各水渠的引水损失（利用河流流量调查结果）、与各水渠相关联的用水点（到乡镇级）进行分析的基础上，针对预测期间的 17 年间，在广域三维模式 25,300 个网格中，按照各自对应的每个网格以月为单位计算分配的。

### a.3 泉流量（SP）

泉流量假定在 2004 年~2020 年的 17 年间不变。但是，泉流量设定为在灌溉期会遍布整个农田，在非灌溉期会在泉眼不远地点浸透，所以分为灌溉期和非灌溉期 2 个时期，以天为单位进行了汇总。各月泉流量，是该月天数乘以所对应的日流量计算得出。

### a.4 坎儿井流量（KE）

坎儿井流量的计算方法将在水井抽水量计算步骤中介绍。

### a.5 机井抽水量（GW）

水井抽水量用前面所述的水收支式分预测区分别求出，但水井抽水量和坎儿井流量相互影响。对过去 10 年间的抽水量和坎儿井流量分析发现，二者具有图 10.8.1 所示的关系。不过，图中的横轴是水井抽水量，纵轴是坎儿井流量，二者单位都是万立方米。利用这一关系，在图 10.8.2 的计算步骤中首先求出水井抽水量，然后利用其结果计算坎儿井流量的变动，再把最终结果反馈到水井抽水量中。

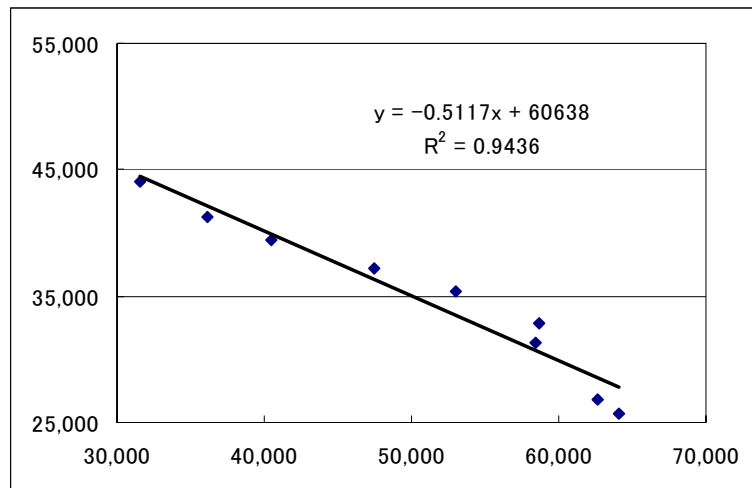


图 10.8.1 吐鲁番地域中水井抽水量和坎儿井流量的相关关系

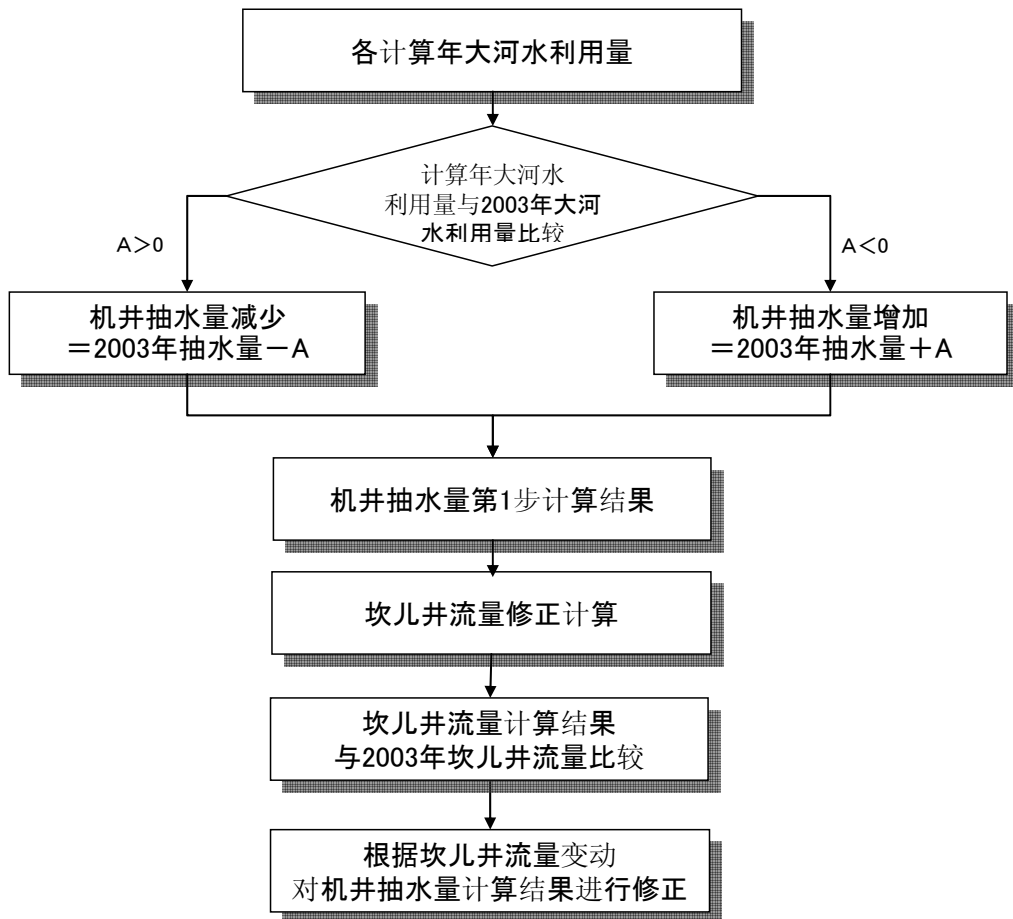


图 10.8.2 水井抽水量以及坎儿井流量（模型的补给量文档）的计算程序

## b. 各种水资源利用量的分配

### b.1 生活用水量

以相当于城市地区的网格为中心进行了生活用水量的分配。

### b.2 农业用水量

在调查地区中，农业生产活动集中在盆地的中心地带艾丁湖的北侧。统计资料所获得的农田面积有可能含有很大的误差，由于没有精确的农田分布资料，所以以统计资料值和通过 GIS 获得的分析结果（利用 SPOT 卫星图像）为基础，求出了广域三维模式各网格中的农田面积。其结果如表 10.8.2 所示。

表 10.8.2 带入广域三维模型中的农田面积分布

农田单位：万平方米

序号	TKX	TRP	SS-N	SS-S
地域	托克逊	吐鲁番	鄯善北	鄯善南
农田面积1网格数	594	973	502	470
农田面积1	27,188	42,783	22,331	22,661
农田面积2网格数	554	915	432	461
农田面积2	26,446	42,083	20,730	22,594

注：农田面积1为通过卫星照片获得的面积

农田面积2为农田面积1中除去相当于山、丘陵、火焰山的网格部分的面积。

鄯善县内农田的面积比例分配：SS-N 鄯善县北部 48.74%、SS-S 鄯善县南部 51.26%

## 10.8.2 与预测相关的基本因素

### a. 农田栽培面积的变化

根据社会经济预测调查的结果，包括 2 个面积增加的案例和维持现状的案例，共设定了 3 个案例。本次调查没有考虑农田面积的减少。这是因为有：①农业是吐鲁番地区的主要产业，农田面积处于年年增加的趋势；②控制农田面积增加的对策是可以实行的，但想减少农田面积则比较困难；③农民并不一定希望随着农田的迁移而搬迁；④在 10.7 章中也曾提到，一些地区的农田面积减少并不一定能使地下水位上升等以上理由。

如表 10.8.2 所示，通过分析卫星照片，可以把握农田分布现状。但是，对于包含在吐鲁番地区发展计划中的农田增加计划，必须针对哪一网格增加多少农田面积进行研究。灌溉用水量是按照每个预测区与农田面积成正比分配在各网格上，所以农田面积的变化会改变各网格间的水资源利用量的平衡。因此，按照以下原则和计算步骤，求出了与农田面积增加计划相对应的各网格的农田面积变动。

原则：

- 在现有农田网格（绿洲地区）以外的地区不会增加农田。
- 在农田比例已经超出 9 成的网格农田面积不增加。
- 在新增农田的网格，农田面积不会增加 9 成以上。
- 农田增加量与该网格内的未使用土地面积成比例。

计算过程：

- 对现有农田所在网格进行统计，计算各网格中未使用面积和未使用面积的比例与各个预测区的未使用农田的总数。（不过，当该网格的农田面积达到 9

成时，则该网格的未使用面积为 0)

- 计算各年的农田增加计划量，求出与各预测区未使用农田相应的比例。
- 各网格中的未使用土地面积乘以农田增加率，计算农田增加量。
- 把农田增加量和现有农田面积相加，确定增加后各网格中的农田面积。

#### b. 灌溉用水量定额的变化

根据社会经济的预测结果，灌溉用水量定额也在实现计划值和维持现状 2 个案例之外，还设定了可以实现计划值一半的案例，共计 3 个案例。

#### c. 水资源利用效率的变化

根据水资源利用现状调查的结果，设定了 3 个案例。案例 1：按计划提高，案例 2：维持现状，案例 3：前 2 个案例的中间值。

#### d. 节水灌溉灌溉用水量的变化

根据社会经济预测调查和节水灌溉调查的结果，设定了维持现状、按计划完成和完成计划值一半共 3 个案例。但是，节水灌溉是包含很多内容的概念，既有利用喷灌、滴灌等灌溉设施减少灌溉用水的方法，也有通过改善栽培方法、引进耐旱品种、利用微咸水源等不利用各种灌溉设施也可以实施的方法。这里所说的节水灌溉是指通过引进设施实现节水，具体地包括节水灌溉计划中所包含的低压管道供水和滴灌。节水灌溉计划中所包含的高标准畦栽法等节水效果，作为农业用水量定额变化的根本原因考虑，不包含在节水灌溉因素中。节水灌溉的效果，因作物种类和方法本身而发生变动，所以各预测区的节水灌溉的效果即节水量，用下列算式计算。

节水量 =

$$\sum (\text{种类} (\text{节水灌溉方法普及面积} \times (\text{漫灌时灌溉定额} - \text{节水时定额})))$$

### 10.8.3 基本方案

维持现状方案是与其他所有方案进行比较的基础，所以首先进行探讨。另外，假定两种极端的状况，设定了最危机方案和规划全部实现方案。

#### a. 维持现状方案

生活以外的用水量维持现状。生活用水量的增加部分用水井抽水量补足。不过，生活用水量是分每个预测区进行汇总。

#### b. 最危机方案

最危机方案是引入了抽水量增加因素的方案。具体内容包括：

- 人口变动（生活用水）：与“维持现状方案”相同
- 农业生产面积：依照最大增加计划
- 灌溉用水量定额：维持现状（没有改善）
- 水资源利用效率：维持现状（没有改善）

- 节水灌溉：维持现状（不普及）

### c. 规划实现方案

规划全部实现方案是尽可能多地引入了抽水量减少因素的方案。其具体内容包括：

- 人口变动（生活用水）：与“维持现状方案”相同
- 农业生产面积：维持现状（不增加）
- 灌溉用水量定额：社会经济调查所归纳的计划实现
- 水资源利用效率：根据吐鲁番水利局的计划设定
- 引水：来自阿拉沟水库的引水用于鄯善县南部

### 10.8.4 各措施因素评估方案

以基本方案等各种方案、计算案例为基础，给出抽水量和涵养量变化的条件，通过模拟对地下水环境的变化进行研究，如果水资源管理目标可以实现的抽水量（容许抽水量）从这些方案中求出，就可以针对为达到抽水量应该采取哪一方案中的措施进行探讨。在调查期间，在关于水资源利用计划的设定原则、目标等的协商中，尽可能地对各种相关因素进行了评估，也有要求认为不要只是此次计划的制定，还希望用于未来的计划调整。因此，针对农田面积增加情况、灌溉用水量定额减少情况、水资源利用效率提高情况和节水灌溉实施情况等4个主要因素设定了评估方案。而且，还根据现有水库计划，添加了2个有关如何利用水库开发新水量的方案。

措施因素评估方案的基本设定

- 人口变动：与基本方案的“维持现状方案”相同
- 农田面积变化：社会经济结构设定中归纳的中间方案的结果
- 灌溉用水量定额：达到社会经济调查中归纳的各计划目标值的灌溉用水量定额与目前灌溉用水量定额的平均值
- 水资源利用效率：现有水资源利用效率改善计划目标值与目前水资源利用效率的平均值
- 节水灌溉：利用设施进行节水灌溉的目标值可以实现一半
- 引水工作：无

农田面积变化的效果评估

- 农田面积不变方案：其他相关因素固定保持基本设定，只有农田面积设定为维持现状（不增加）。
- 农田面积增加方案：其他相关因素固定保持基本设定，只有农田面积设定为社会经济结构设定中的农业面积增大计划值。

灌溉用水量定额的效果评估

- 灌溉用水量定额保持不变方案：其他相关因素固定保持基本设定，只有灌溉用水量定额设定为维持现状。
- 灌溉用水量定额计划值方案：其他相关因素固定保持基本设定，只有灌溉用水量定额设定为用水量定额减少目标值。

节水灌溉措施的效果评估

- 无节水灌溉方案：其他相关因素固定保持基本设定，只有节水灌溉措施设定为维持现状。
- 节水灌溉计划值方案：其他相关因素固定保持基本设定，只有节水灌溉措施设定为普及计划目标值。

水资源利用效率

- 水资源利用效率维持现状方案：其他相关因素固定保持基本设定，只有水资源利用效率设定为维持现状。
- 水资源利用效率计划值实现方案：其他相关因素固定保持基本设定，只有水资源利用效率设定为提高目标值。

### 10.8.5 引水项目的效果探讨

在措施因素评估方案的基本设定上，以阿拉沟河水库为例，对 2011 年开始实施引水措施的条件下的引水成效进行了研究。

- 托克逊县引水方案：阿拉沟河水库的引水量在托克逊县内使用时（通过水库实现的新的可利用水量，9 成在托克逊县使用。余下 1 成是引水途中的水渠损耗。）
- 鄯善县引水方案：阿拉沟河水库的引水量在鄯善县南部——调查地区内水资源最为匮乏的地区使用时。不过，（通过水库实现的新的可利用水量，设定为其中 7 成可以引水到鄯善县，其余 3 成是引水途中的水渠损耗。）

各方案中的 2010 年和 2020 年各预测区年抽水量变化，分别如图 10.8.3和图 10.8.4 所示。

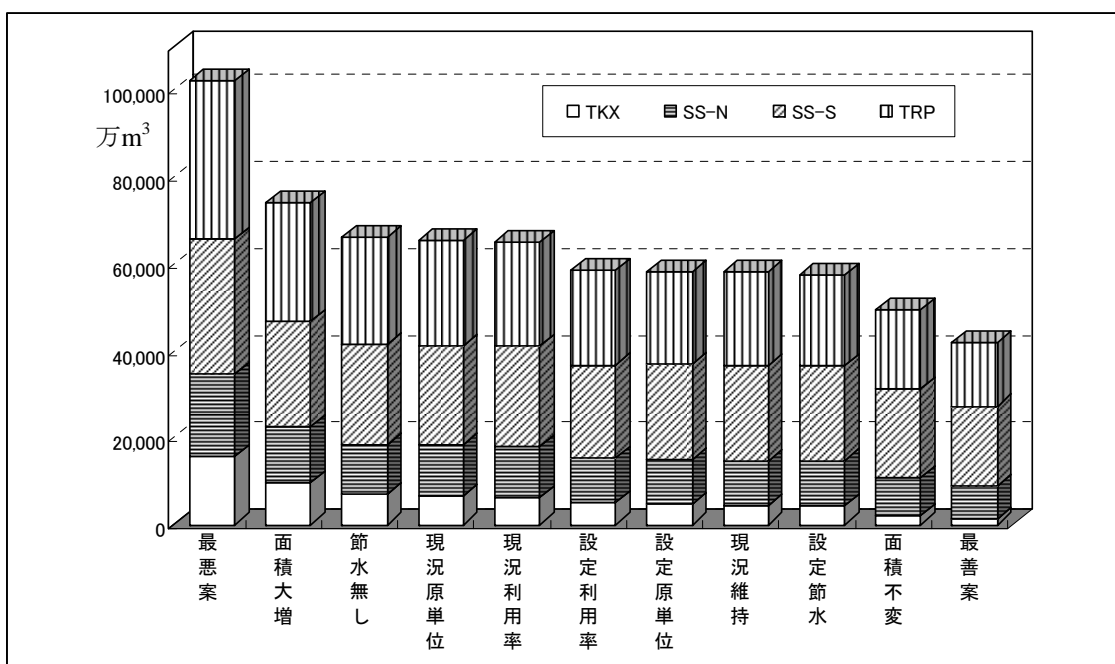


图 10.8.3 各预测计算方案条件下的不同预测区水井抽水量(2010 年)

图 10.8.3所示，到 2010 年为止，阿拉沟河的引水尚未实施，所以预测方案是 3 个基本方案和 8 个因素评估方案共 11 个方案。规划全部实现方案和最危机方案，自然就是水井抽水量的最小方案和最大方案。接下来的农田面积不变方案的抽水量为第 2 小，面积按计划增加方案的抽水量为第 2 大。由此知道，在 2004 年~2010 年的 7 年间，农田面积的变化对水井抽水量的变化施加很大的影响。在农田面积之下，节水灌溉的实施是影响效果的较大因素，按计划实施时就是抽水量第 3 小的方案，反过来如果不实施，则是抽水量第 3 大的方案。

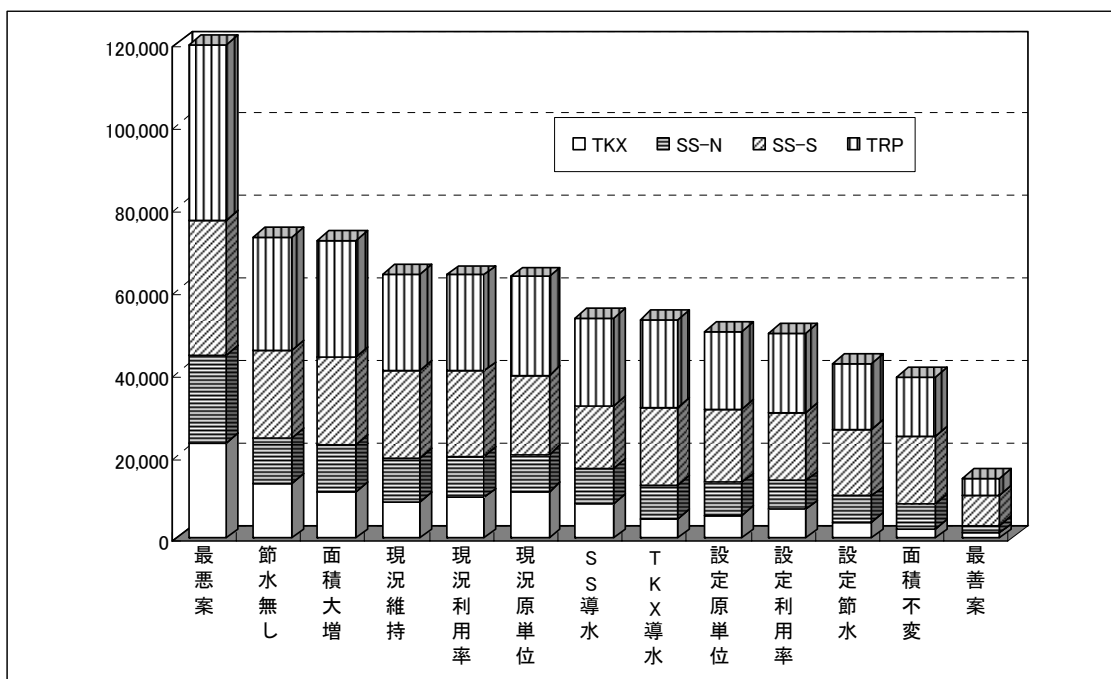


图 10.8.4 各预测计算方案条件下的不同预测区抽水量(2020 年)

在各预测方案条件下，在水资源管理目标年即 2020 年，最危机方案和规划全部实现方案分别处在抽水量变化图的两端，规划全部实现方案之下是面积不变方案，与 2010 年相同是水井抽水量第 2 小的方案。但是，无节水灌溉方案取代农田面积增加方案，成为仅次于最危机方案的抽水量第 2 大方案，与农田面积增加方案相比水井抽水量稍多。这是由于农田面积增加计划中增加率不一定，每 5 年时间其增加率就有所下降，并不是农田增加因素的比重变小。

最危机方案中的抽水量为约 12 亿立方米 / 年，比所有河流流量还大。估计在达到该抽水量前夕，吐鲁番盆地的地下水位将全面下降，地下水资源出现枯竭，不仅是以灌溉为中心的农业生产活动无法进行，居民也将失去生存之地。

### 10.8.6 基于各种方案的预测

#### a. 不同方案预测

本节将以主要含水层即第 17 层和第 18 层为主，对地下水位的变化加以记述（表 10.8.3）。



表 10.8.3 方案构成一览表

方案		生活用水	农业用水				引水
		人口增加	耕地面积	灌溉用水量	节水灌溉	水资源利用效率	
1	维持现状案	增加	现状	现状	现状	现状	無
2	全规划实施案			目标值	目标值	目标值	鄯善县引水
3	最危机案	最大增加	最大增加	现状	现状	现状	無
4	农田面积不变案	增加	现状	目标值和现状值的平均值	目标值与现状值的平均值	目标值和现状值的平均值	無
5	农田面积增大案		最大增加				
6	灌溉用水量定额不变案		中间增加	现状			
7	灌溉用水量定额规划值案			目标值			
8	节水灌溉未实施案			目标值与现状值的平均值	现状		
9	节水灌溉规划值案		目标值				
10	水资源利用效率维持现状案		增加	现状	现状		
11	水资源利用效率规划值案	目标值					
12	托克逊县引水案	增加	现状	现状	现状	现状	托克逊县引水
13	鄯善县引水案					现状	现状

**a.1 方案 1 (维持现状)**

这一方案是假定只发生人口变动而产生的用水量变化，其他用水量与目前相同。

2020年第17层和第18层的地下水位分布如图10.8.6所示。另外，与2003年地下水位分布的差距如图10.8.7所示。

在维持现状方案时，与目前的地下水位相比上升区和下降区呈现复杂的形状，但在火焰山南部到鄯善县南部地带地下水位连续下降。这与涵养地（农田、河流域）和抽水地密切相关，应该作为在采取措施时将其列为重点地区等的指标。

**a.2 方案 2 (全规划实施案)**

这一方案是假定：

- 人口变动产生的用水量变化和
- 农业生产面积维持现状，
- 灌溉用量原单位为前面记述的设定值，

- 节水灌溉的普及为前面记述的计划值，
- 水资源利用效率为前面记述的计划值。

2020年第17层和第18层地下水位分布与方案1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图10.8.8和图10.8.9所示。另外，2003年地下水位分布和方案1（维持现状）的地下水位比较结果如图10.8.10所示。

在规划实现方案方案时，与维持现状方案相比，在整个地区地下水位都呈现上升，特别是鄯善县南部、火焰山周围和托克逊县西部有很大的上升。但是，也有区域不能维持现状地下水位。

### a.3 方案3（最危机案）

这一方案是假定：

- ① 人口变动产生的用水量变化
- ② 农业生产面积分别增大增加
- ③ 灌溉用水量原单位维持现状
- ④ 节水灌溉不实施
- ⑤ 水资源利用效率维持现状。

2020年第17层和第18层地下水位分布与方案1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图10.8.11以及图10.8.12所示。另外，2003年地下水位分布和方案1（维持现状）的地下水位比较结果如图10.8.13所示。

在最危机方案方案时，与维持现状方案相比，在整个地区地下水头都呈现下降，特别是鄯善县南部、火焰山周围和托克逊县西部有很大的下降。成为与方案2截然相反的类型。

### a.4 方案4（农田面积不变）

这一方案是假定：

- 人口变动产生的用水量变化和农业生产面积维持现状，
- 灌溉用水量原单位为前面记述的平均值，
- 节水灌溉的普及为前面记述的计划值的1/2，
- 水资源利用效率为前面记述的计划值的1/2。

2020年第17层和第18层地下水位分布与方案1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图10.8.14和图10.8.15所示。

在农田面积不变方案时，与维持现状方案相比，全部区域都有地下水位上升。特别是在托克逊县西部在维持现状方案中2020年的地下水位比2003年低的一些区域也在本方案条件下看到了上升。在这些区域可以认为减少灌溉用水量定额、普及节水灌溉设施和提高水资源利用效率的效果比较高。

### a.5 方案5（农田面积增大案）

这一方案是把上述“农田面积不变”的方案，设定为增加了农业生产面积。

2020年第17层和第18层地下水位分布与方案1（维持现状）地下水位之间的差距，

分别如图 10.8.17和图 10.8.18所示。

在农田面积增大方案时，与方案 4 相比，地下水头比维持现状方案时下降的地区大幅扩大，下降 10m 以上的地区也有多处。特别在鄯善县南部和胜金口附近地下水位下降量很大（图 10.8.20）。而且，在托克逊县中心部附近与 2003 年相比较，2020 年的地下水位虽然上升、但比方案 1（维持现状）的上升量小。

#### a.6 方案 6（灌溉用水量定额不变）

这一方案是假定：①人口变动产生的用水量变化和②农业生产面积为前面记述的增加量，③灌溉用水量原单位维持现状，④节水灌溉的普及为前面记述的计划值的 1/2，⑤水资源利用效率为前面记述的计划值的 1/2。

2020 年第 17 层和第 18 层地下水位分布与方案 1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图 10.8.21和图 10.8.22所示。另外，2003 年地下水位分布和方案 1（维持现状）的地下水位比较结果如图 10.8.23所示。

在灌溉用水量原单位不变方案时，与维持现状方案相比，胜金口周围北东—南西方向的和带状地域托克逊县中心部西方地下水位发生下降。而且，地下水头比维持现状方案时下降的地区涉及更大范围。

#### a.7 方案 7（灌溉用水量原单位实现计划值）

这一方案是把上述“灌溉用水量原单位不变”方案，设定为减少了灌溉用水量原单位。

2020 年第 17 层和第 18 层地下水位分布与方案 1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图 10.8.24和图 10.8.25所示。另外，2003 年地下水位分布和方案 1（维持现状）的地下水位比较结果如图 10.8.26所示。

在灌溉用水量原单位实现计划值方案时，与方案 6 相比，在整个区域地下水头都比维持现状方案时的地下水位略高。与 2003 年地下水位相比，下降的地区变窄（图 10.8.27）。

#### a.8 方案 8（无节水灌溉设施案）

这一方案是假定：

- 人口变动产生的用水量变化
- 农业生产面积为前面记述的增加量，
- 灌溉用水量原单位为前面记述的平均值，
- 节水灌溉维持现状，
- 水资源利用效率为前面记述的计划值的 1/2。

2020 年第 17 层和第 18 层地下水位分布与方案 1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图 10.8.28和图 10.8.29所示。另外，2003 年地下水位分布和方案 1（维持现状）的地下水位比较结果如图 10.8.30所示。

在无节水灌溉方案时，与维持现状方案相比，胜金口周围北东—南西方向的带状地域和托克逊县中心部西方地下水位下降。地下水头比维持现状方案时下降的地区涉及更大范围。下降域分布与方案 6（灌溉用水量定额不变案）近似、但范围更广。

### **a.9 方案 9（节水灌溉实现计划值案）**

这一方案是把上述“无节水灌溉”方案，设定为实施了节水灌溉措施。

2020年第17层和第18层地下水位分布与方案1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图10.8.31和图10.8.32所示。另外，2003年地下水位分布和方案1（维持现状）的地下水位比较结果如图10.8.33所示。

在节水灌溉实现计划值方案时，与方案1（维持现状）相比，地下水头在全部区域略有上升。和方案8比较也在全部区域略有上升（图10.8.34）。但是和2003年的地下水位比较仍然在广范围发生地下水位下降。

### **a.10 方案 10（水资源利用效率维持现状）**

- 这一方案是假定：
- 人口变动产生的用水量变化
- 农业生产面积为前面记述的增加量
- 灌溉用水量原单位为前面记述的平均值
- 节水灌溉的普及为前面记述的计划值的1/2
- 水资源利用效率维持现状。

2020年第17层和第18层地下水位分布与方案1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图10.8.35和图10.8.36所示。另外，2003年地下水位分布和方案1（维持现状）的地下水位比较结果如图10.8.37所示。

在水资源利用效率维持现状方案时，与维持现状方案相比，胜金口周围北东—南西方向带状地域和托克逊县中心部西方有地下水位下降。地下水头的下降区涉及更广范围。方案4（农田面积不变案）和方案6（灌溉用水量定额不变案）的下降区域分布几乎相同。

### **a.11 方案 11（水资源利用效率计划值）**

这一方案是把上述“水资源利用效率维持现状”方案，设定为改善了水资源利用效率。

2020年第17层和第18层地下水位分布与方案1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图10.8.38和图10.8.39所示。另外，与2003年地下水位分布比较的结果如图10.8.40所示。

在水资源利用效率实现计划值方案时，与方案方案1（维持现状）相比，不仅地下水头在全区都略有上升，而且与方案9（节水灌溉规划值案）比较也同样在全区都略有上升（图10.8.41）。但是与2003年地下水位比较仍保持很大范围地下水位下降。

### **a.12 方案 12（向托克逊县引水案）**

阿拉沟水库的引水量在托克逊县内使用的方案。

2020年第17层和第18层地下水位分布与方案1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如图10.8.42和图10.8.43所示。另外，与2003年地下水位分布比较的结果如图10.8.44所示。

在向托克逊县引水方案时，与维持现状方案时相比，前述的方案10等之中看到的托克逊县中心部西方地下水位下降消失了。但是与2003年地下水位比较时，托克逊县中心部西方的一部地域有地下水位下降。

### **a.13 方案 13（向鄯善县引水案）**

阿拉沟河水库的引水量在鄯善县南部（调查地区内水资源最为匮乏的地区）使用的计划。

2020 年第 17 层和第 18 层地下水位分布与方案 1（维持现状）地下水位之间的差距，分别如、图 10.8.45和图 10.8.46所示。另外，与 2003 年地下水位分布比较的结果如图 10.8.47所示。

在向鄯善县引水方案时，与维持现状方案相比，鄯善县南部由于引水的效果而使地下水位的下降得到了抑制。但是鄯善县南部地下水位仍然不能恢复到维持现状的水平。

### **b. 不同地区预测**

为了把握整个吐鲁番盆地的地下水位，将向后面记述一样，求得地下水位的<sup>管理</sup>水位，提出持续进行地下水位观测的建议。

以下这 10 口井的地下水头变动的预测结果如图 10.8.48所示。

#### **b.1 吐鲁番市**

可以反映吐鲁番市区地下水位的地下水位观测井，主要有以下几口井。

JICA 观测井 TWSS、JICA 观测井 TWSC、现有观测井 1-6、JICA 观测井 TWNC

将向后面记述一样，从这 4 井中选择有过去地下水位观测记录的观测井 1-6 为吐鲁番市的基准观测井（图 10.8.49）。

在吐鲁番市，南部盆地即便是方案 1（维持现状），也可以期待地下水头的缓慢上升。而且，在吐鲁番市北边，也可以保持现状地下水位。

虽然在吐鲁番市中央部对策的效果小，但其中维持地下水位最有效的对策是节水灌溉，在研究措施时必须充分考虑把有效位置的选定、实施时间和速度等与其他措施相结合。

#### **b.2 鄯善县**

代表鄯善县地区地下水位的观测井，主要有以下几口井。

JICA 观测井 TWSE、现有观测井 2-14、现有观测井 2-3、现有观测井 2-11

将向后面记述一样，从这 4 井中选择有过去地下水位观测记录的现存观测井 2-14 为鄯善南部的基准观测井，同时选择现存观测井 2-3 为鄯善北南部的基准观测井（图 10.8.50和图 10.8.51）。

对保持鄯善县地区地下水头最有效果的措施是从阿拉沟水库引水，但即便把其他措施与引水相结合（根据规划实现方案），保持目前的地下水位也很困难。并且，即便阿拉沟水库的引水可以实现，开始年份也在 2010 年以后，在此之前地下水头会持续下降。

所以，在 2020 年之前，为了使鄯善县地区的地下水位恢复到 2004 年时的水位，需要采取比规划实现方案更急迫的引水、节水和抽水制度等，实现目标的理想方案将在“c 鄯善县的理想方案”中考察。

### b.3 托克逊县

可以反映托克逊县地区地下水位的地下水位观测井，主要有以下几口井。

#### JICA 观测井 TWSW、现有观测井 3-2

将向后面记述一样，从这 2 井中选择有过去地下水位观测记录的现存观测井 3-2 为托克逊县的基准观测井（图 10.8.52）。

在托克逊县中心地带，可以保持目前的地下水头，甚至可以期待地下水头的上升。不过，周围地区如果不采取措施，有的地区会发生地下水头缓慢下降，没有作为农田利用的丘陵地边缘也会发生地下水位下降。对保持托克逊地区地下水头最有效的措施是引水措施和节水灌溉。由于该地区的地下水位比较浅，在进行地下水位管理时最好还要考虑预防盐害措施。

### c. 鄯善县理想方案

如前所述，在鄯善县南部，实施引水措施后地下水头的下降会变缓。为了使鄯善县南部的地下水头不再下降，需要尽可能早地开始采取措施，而且必须采取比方案 2（规划实现方案）更适用于鄯善县南部的对策。

下面把充分考虑上述情况的措施方案作为理想方案进行探讨。

#### c.1 理想方案

理想方案以方案 2（全规划实施案）为基础、同时将鄯善县规划的节水灌溉工程全部集中于南盆地实施。

如图 10.8.53 所示即使实施本案在鄯善县南部也难维持 2003 年的地下水位。但是如图 10.8.56 观测井（JICA 观测井 TWSE）的计算地下水位变动曲线所示，地下水将会缓慢地停止下降趋于安定。而且、在现存观测井 2-14 周围地下水位会转为上升（图 10.8.55）。

#### c.2 最理想方案

即使实施上述的理想方案、在鄯善县南部维持 2003 年的地下水位也很难，所以虽然实现性较小仍然设定了更强化的对策。最理想方案中各因子的设定条件虽与理想方案相同，但最理想方案将鄯善县南部规划的目标值全部都提前到 2015 年实现（理想方案为 2020 年）。

在 2020 年、地下水位下降量比理想方案还小但与 2003 年的地下水位相比较仍然持续有较大的下降量（图 10.8.54）。另一方面，如图 10.8.55 所示、在现存观测井 2-14 周围地下水位会大幅回升、在 JICA 观测井 TWSE，地下水位的下降量也会减小，而且安定时期会提前（图 10.8.56）。

所以、在鄯善县南部、虽然很难尽早防止地下水位的下降和使其恢复、但是可能通过尽早实施对策而且设定更长远的目标、以期实现使地下水位逐渐恢复到与 2003 年接近的水平应该是可能的。

### d. 水收支预测

13 个预测方案中，基本方案是方案 1（维持现状）、方案 2（规划全部实现方案）和方案 3（最危机方案）。这 3 个方案和上面的理想方案，它们在最后一个预测年即 2020 年时吐鲁番盆地内的水收支如下所示。在模拟计算抽水量时，扣除了因机井干枯而无法

抽出的部分。另外，还扣除了流入第四纪基岩层中的直接涵养量。

这 3 方案和上项的理想方案在预测最终年 2020 年在吐鲁番盆地内的地下水收支如下所示。

方案 1（维持现状方案）在 2020 年时整个吐鲁番盆地的地下水收支为赤字，方案 3（最危机案）则为大幅度赤字，方案 2（全规划实施方案）和理想方案显示少量黑字（没有考虑艾丁湖的蒸发量）。

表 10.8.4 水收支预测（方案 1；维持现状方案）

流入量（亿 m <sup>3</sup> ）		流出量（亿 m <sup>3</sup> ）	
从山区的流入量	2.03	抽水量	6.38
垂直补给量	4.63	坎儿井和平地部泉的一部流出量	3.80

注：在模拟计算时，扣除因机井干枯而无法抽出的抽水量部分。扣除流入第四纪基岩层中的直接涵养量。表 10.8.5 - 表 10.8.7 同上。

表 10.8.5 水收支预测（方案 2；全规划实施方案）

流入量（亿 m <sup>3</sup> ）		流出量（亿 m <sup>3</sup> ）	
从山区的流入量	2.03	抽水量	1.49
垂直补给量	3.52	坎儿井和平地部泉的一部流出量	3.94

表 10.8.6 水收支预测（方案 3；最危机方案）

流入量（亿 m <sup>3</sup> ）		流出量（亿 m <sup>3</sup> ）	
从山区的流入量	2.07	抽水量	10.83
垂直补给量	5.63	坎儿井和平地部泉的一部流出量	3.72

表 10.8.7 水收支预测（理想方案）

流入量（亿 m <sup>3</sup> ）		流出量（亿 m <sup>3</sup> ）	
从山区的流入量	1.99	抽水量	1.39
垂直补给量	3.61	坎儿井和平地部泉的一部流出量	3.94

### 10.8.7 预测结果的分析评价

如上所述，吐鲁番盆地的地下水涵养特征在于，不是通过降雨在整个盆地进行涵养，而是局限于河流和引水渠周边以及农田。

预测计算也表明，托克逊县由于有阿拉沟河水流入，而且还有来自西侧山区的地下水流入，在将来也可以保持目前的地下水位，并通过实现节水目标使地下水位上升。从农田盐害的观点看，还更需要对通过利用地下水降低地下水头进行研究。

在吐鲁番市北部到鄯善县北部的北盆地，有许多河流流入，而且还有来自北边山区的地下水流入，涵养量比较多，容易通过推行节水对地下水位进行管理。不过，如同预测结果所显示的，在河流周边以外地区、没有农田分布的地区，地下水位预计将会降低。由于这些地区地下水位下降，在地下水涵养丰富的地区也会发生地下水位下降，所以这些地区的抽水应该受到限制。并且，如果在河流上游部分引水，通过引水渠流入下游地

区的水量增大，那么地下水流动的上游部分就会发生地下水位下降，其影响也会波及到下游地区，所以上游地区的取水也需要进行充分管理。

吐鲁番市市中心也一样，有北边河流涵养的地下水流入，地下水位比较稳定。但是，如果继续像现在这样进行抽水，预计将来地下水位就会下降，需要采取某种节水措施。并且，与北盆地一样，需要对地下水流动的上游地区进行保护。

在吐鲁番市南部，有来自吐鲁番市中心地带和托克逊县方向的地下水流入，地下水位稳定。由于该地区的地下水利用不是那么多，所以只要是保持目前的土地利用状况，预计可以维持现状（在没有农田的地区有部分地方地下水位会轻微下降）。

与上述地区相反，鄯善县南部背后（地下水流动的上游部分）不存在地下水涵养区。因此，鄯善县南部的地下水涵养，仅限于农田和流过火焰山山谷的小河流，目前处于消费过去贮存的地下水的状况。为了把地下水收支降为零，需要大规模采取节水对策，而且为了恢复地下水位，还需要采取措施使水收支转为正（例如减少抽水量，从其他地区引水增加涵养量等），在此基础上坚持采取长期的对策。

并且，农田的涵养方式，是所开采的地下水在失去一部分之后又渗入地下的循环方式。因此，如同前面（水收支预测）所指出的，采取节水措施同时也减少了涵养量，不能期待通过节水措施实现地下水位快速上升，所以还应该充分认识到采取长期措施的必要性。

不同地区各预测方案的评价归纳在表表 10.8.8。

表 10.8.8 各方案条件下不同地区的评价

方案	托克逊县	吐鲁番市			鄯善县	
		南部	中央部	北部	南部	北部
1 维持现状方案	○~△	△~○	△	△~○	×	△~○
2 全规划实施方案	○	○	○~△	○	×	○~△
3 最危机方案	△	○	×	×~△	×	×~○
4 农田面积不变方案	○	△~○	△	△~○	×	△~○
5 农田面积增大方案	△~○	△~○	△	×~○	×	△~○
6 灌溉用水量定额不变方案	△~○	△~○	△	△~○	×	△~○
7 灌溉用水量定额规划值方案	△~○	△~○	△	△~○	×	△~○
8 节水灌溉未实施方案	△~○	△~○	△	×~○	×	△~○
9 节水灌溉规划值方案	△~○	△~○	△	×~○	×	△~○
10 水资源利用效率维持现状方案	△~○	△~○	△	×~○	×	△~○
11 水资源利用效率规划值方案	△~○	△~○	△	△~○	×	△~○
12 托克逊县引水方案	○	△~○	△	×~○	×	△~○
13 鄯善县引水方案	△~○	△~○	△	△~○	×	△~○

○：上升~维持现状、△：下降量小或一部分地区下降、×：下降量大或者广范围下降

### 10.8.8 容许抽水量（可持续抽水量）

如上所述，吐鲁番盆地的地下水环境因地区而异，设定容许抽水量的条件也必须分地区进行设定。并且，该地区有传统的坎儿井文化，设定条件时需要考虑坎儿井的保护。

#### a. 坎儿井保护地域和目标水位

提起吐鲁番很多人脑海中就会浮现出坎儿井，坎儿井可以说是吐鲁番的象征之一，是



重要的水文化遗产。无论如何也要保护坎儿井是吐鲁番地区很多人的心愿。但是，随着人口的增加，经济特别是农业的发展，生活水平的提高，吐鲁番的水资源需要量不断增加，机井的抽水量也以很强的势头增加。其结果是，坎儿井条数减少，存续的坎儿井流量大减。坎儿井的保护不仅受到当地人民，也受到各个方面的关注。

为了保护坎儿井，吐鲁番地区政府规定了不许在坎儿井周围打井，也不许在坎儿井上游筑坝等保护条例。但是，如水资源利用现状调查和水文调查所掌握的现状一样，坎儿井的流量现在仅相当于水资源利用量 1/5 不到。所以无法期待靠坎儿井的流量来满足或维持现在的生产和生活活动。因此，现在的保护条例实际上很难得以实现。

另外，坎儿井的维护管理还需要很多的人力和财力。保证坎儿井的维持管理费用也并非易事。再者，从水资源的利用效率来看，坎儿井很难说是很好的取水方法。进而，从坎儿井的现状流量来看，在全部 331 条可测流坎儿井中，流量大于  $1000\text{m}^3/\text{日}$  的坎儿井为 159 条，占不到一半。如果坎儿井没有这样的流量就很难保证供水的需要。在流量小的坎儿井流量不足的地区，为了维系生活和生产活动，打井取水是不得已而为之。

我们还应该改注意到，现在仍然有流量较大的坎儿井作为灌溉与生活用水和水源在使用之中。而这些坎儿井备受关注，得到了很好的维护。

为了均衡坎儿井保护，供水特别是生活供水的保证和确实实施坎儿井的维护管理等方面同时制定对策，应该能掌握坎儿井的流量，对可利用且保存价值及保存可能性都多的坎儿井集中财力重点保护。

图 10.8.5 是根据 2004 年的实测结果绘制的流量在  $0.01\text{m}^3/\text{s}$  (大约  $1,000\text{m}^3/\text{day}$ ) 和  $0.042\text{m}^3/\text{s}$  (大约  $3,600\text{m}^3/\text{day}$ ) 以上的坎儿井分布图。流量较大的坎儿井多分布于托克逊绿洲的北部，吐鲁番市北部和火焰山北麓，水资源利用现状调查表明，这些坎儿井现在仍在发挥很大作用。所以，如图所示设定的坎儿井保护区，并将坎儿井保护区内的容许地下水位设定为现状（2004 年）地下水位。

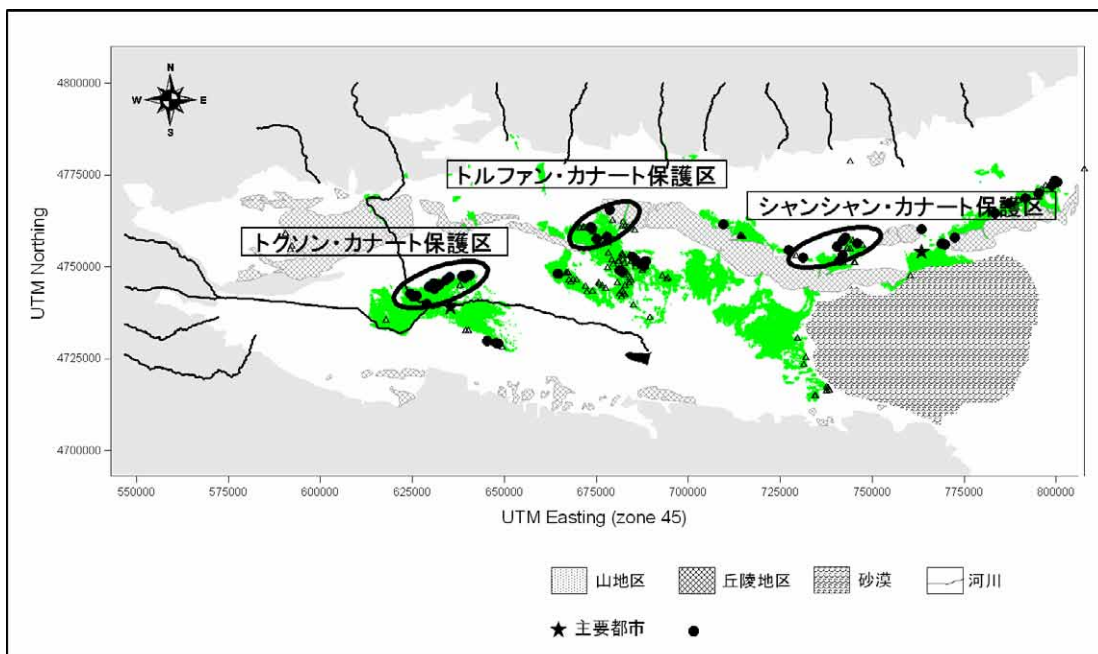


图 10.8.5 坎儿井保护区方案

## b. 目标水位的重新探讨和可持续的抽水量

在吐鲁番市，把吐鲁番市中心坎儿井的保存作为设定容许抽水量的主要条件。为了保护坎儿井，为了使市中心的地下水位保持现状，还需要保持其北边的地下水位。并且，通过保持市中心的地下水位，地下水流动的下游部分即吐鲁番市南部的地下水位将来也

会保持稳定。基于以上观点，标准观测井定为有以往水位记录的现有观测井 1-6，把 JICA 观测井 TWSC 作为辅助井观测地下水位变动量。

在鄯善县北部，以坎儿井保护区连木沁地区为代表，为了保存坎儿井，把保持目前的地下水位定为主要条件。把保护区内的现有观测井 2-3 的目前地下水位作为目标地下水位。

我们一直就鄯善县南部以维持现状地下水位为前提的容许抽水量进行了讨论探讨（参见第 10.7 章）。但是，正如上面所叙，在 2020 年之前完成该目标是极其困难的。为了不使鄯善县南部的地下水资源枯竭，需要尽量缓和地下水位的下降速度，因此把削减抽水量可达成数字的上限即方案 2 中 2020 年时的预测水位改定为目标水位。如在《为了鄯善县的理想方案》中所讨论的那样，方案 2 如果能坚持实施，那么地下水位将会慢慢地回升。因此有必要不以 2020 年为目标年，而是应当制定更长期的规划，努力恢复地下水位。在此，标准观测井定为有以往水位记录的原有观测井 2-14，把 JICA 观测井 TWSE 作为辅助井观测地下水位变动量。

在托克逊县，预测结果表明，从中心地带到坎儿井主要分布区不会发生地下水位下降。并且，尽管在其西侧会发生小规模地下水位下降，但从农田盐害防治方面看，属于容许下降量。因此，把维持位于中心地带的现有观测井 3-2 的目前地下水位作为目标。

根据以上条件求出的 2020 年容许抽水量，归纳在表 10.8.9 中。另外，容许抽水量是以 2020 年为完成目标的抽水量，鄯善县北部和托克逊县定为方案 1 的 2020 年抽水量。并且，鄯善县南部是方案 2 的 2020 年抽水量。吐鲁番市的抽水量，通过现有观测井 1-6 和 JICA 观测井 TWSC 的地下水位与方案 2 和方案 9 抽水量之间的关系求得。

表 10.8.9 容许条件和容许抽水量

地 域	基准观测井 序号	现状 地下水位*		目标 地下水位*		容许条件		2020 年
		(2003 年)	(2020 年)			备注	容许抽水量	
吐鲁番 市	原有观测井 1-6	-18.2m	-18.2m	维持坎儿 井			1.07 亿 m <sup>3</sup>	
		-19.6m	-19.6m					
鄯善县 北部	原有观测井 2-3	-15.0m	-15.0m	维持坎儿 井			1.07 亿 m <sup>3</sup>	
		-19.9m	-19.9m					
鄯善县 南部	原有观测井 2-14	-31.5m	初 案	-31.5m	维持地下 水位		0.74 亿 m <sup>3</sup>	
		-39.5m		-39.5m				
		-31.5m	修 改 后	-56.0m	防止地下 水全面枯 渴	缓和地 下水位 下降速 度の		
		-39.5m		-56.7m				
托克逊 县	原有观测井 3-2	-4.6m		-4.6m	维持现状 (有开发 余力)	有一部 分下降 区域	0.91 亿 m <sup>3</sup>	
		-6.1m		-6.1m				

\* 上段：最高水位、下段：最低水位

根据上述目标地下水位得出的各地区容许抽水量合计 3.5 亿 m<sup>3</sup>/年，是吐鲁番盆地的

地下水可持续利用量。针对 2020 年目标制定的抽水量阶段削减方案，如表 10.8.10和图 10.8.57 6 所示。

而且、这一容许抽水量方案中的水收支如表 10.8.11所示。

表 10.8.10 阶段的抽水量目标和削减率

单位：亿 m<sup>3</sup>/年

地 域	2003年现状	2003年— 2009年	2010年— 2014年	2015年— 2019年	2020年—
吐鲁番市	2.33	2.01 (13.2%)	1.96 (15.9%)	1.46 (37.4%)	1.07 (53.8%)
鄯善县北部	1.07	1.07 (0%)	1.07 (0%)	1.07 (0%)	1.07 (0%)
鄯善县南部	2.13	2.00 (5.9%)	1.54 (5.9%)	1.14 (46.2%)	0.74 (65.3%)
托克逊县	0.91	0.91 (0%)	0.91 (0%)	0.91 (0%)	0.91 (0%)
合 计	6.44	6.00 (6.7%)	5.48 (14.8%)	4.58 (28.8%)	3.79 (41.0%)

表 10.8.11 容许抽水量时的水收支

流入量 (亿 m <sup>3</sup> )		流出量 (亿 m <sup>3</sup> )	
从山区的流入量	1.97	从山区的流入量	3.79
垂直补给量	4.05	垂直补给量	3.88

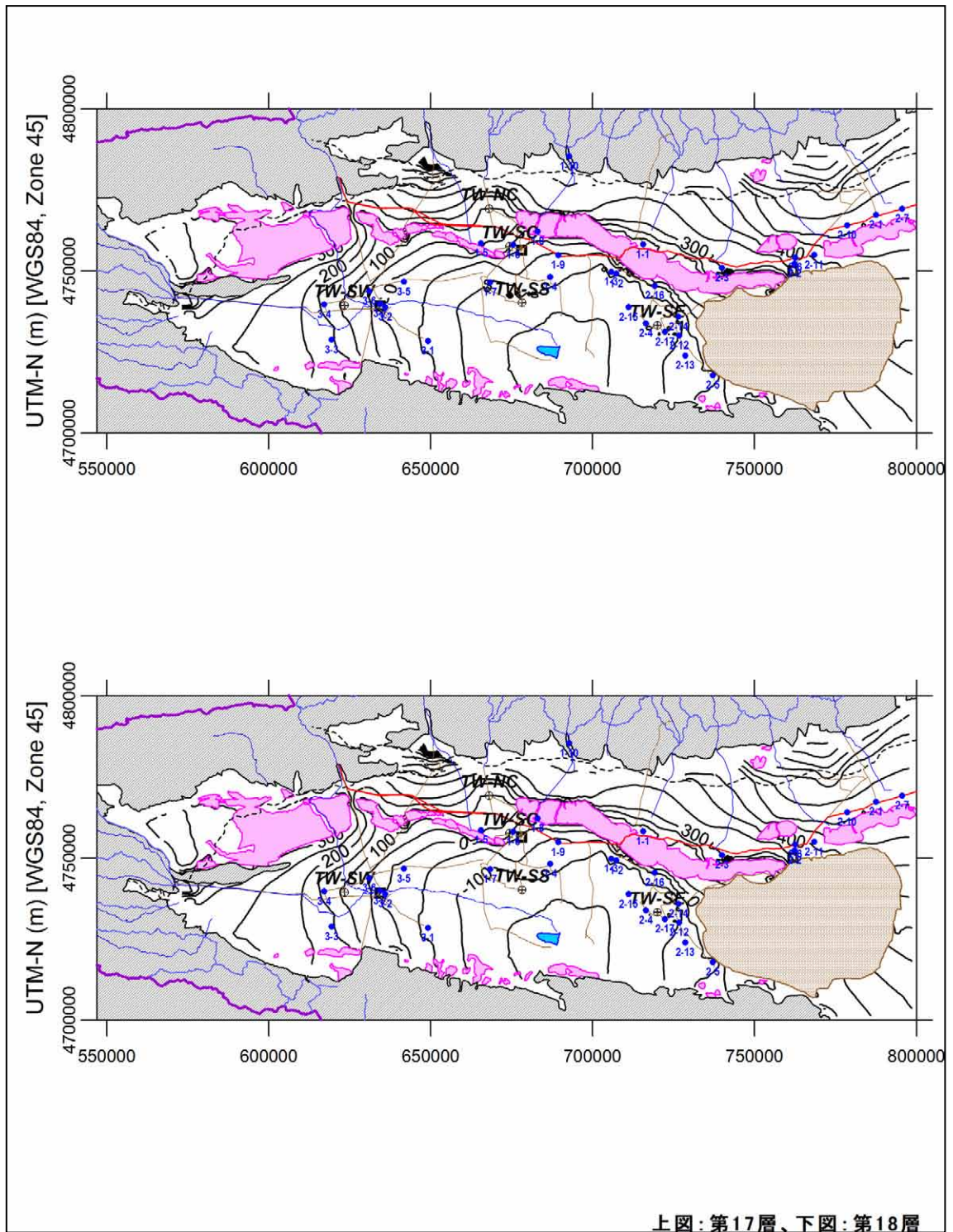


图 10.8.6 计算地下水位分布（方案1；维持现状方案）（2020年12月、第17层·第18层）

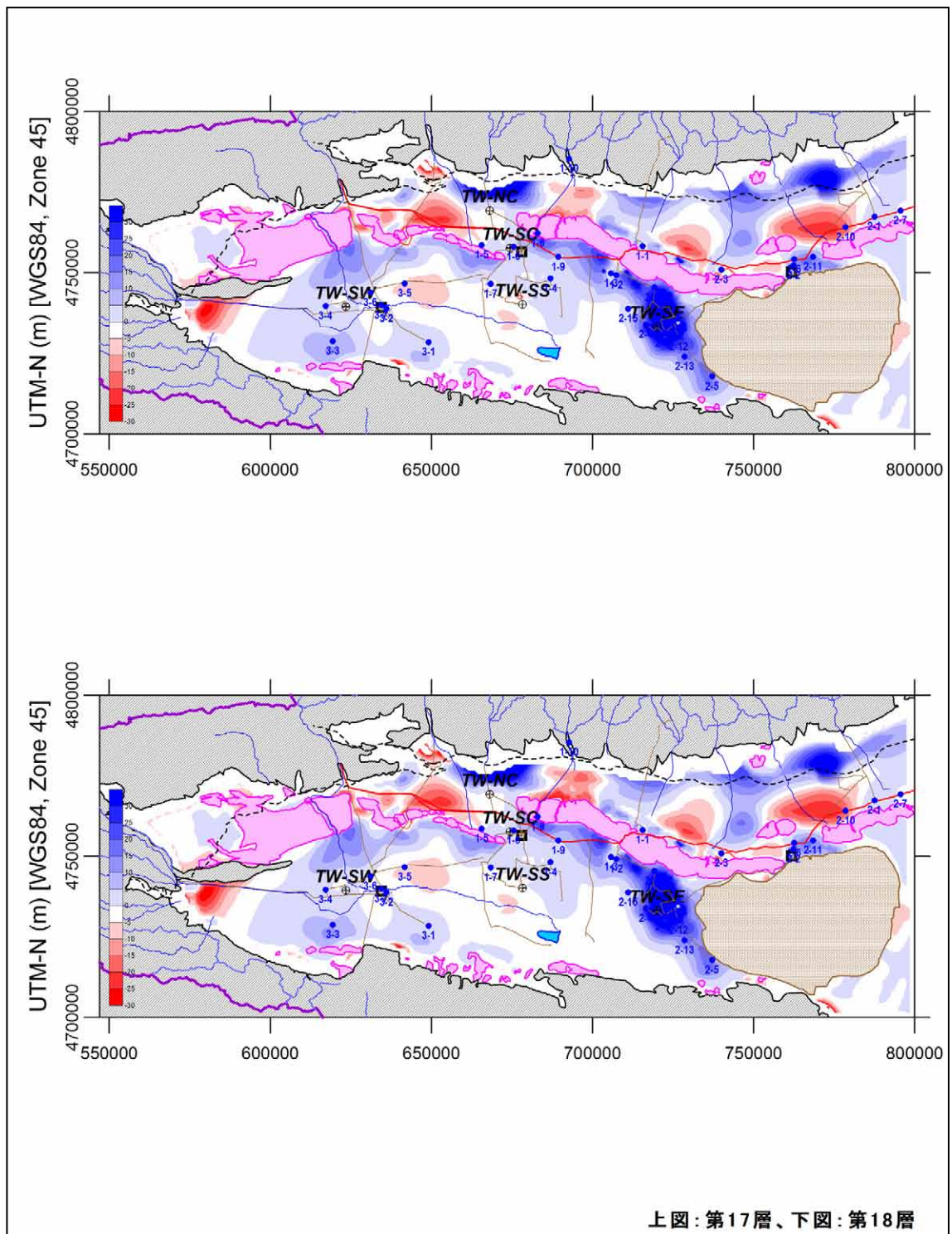


图 10.8.7 计算地下水位分布（方案1；维持现状方案）（2020年水位与2003年水位之差）

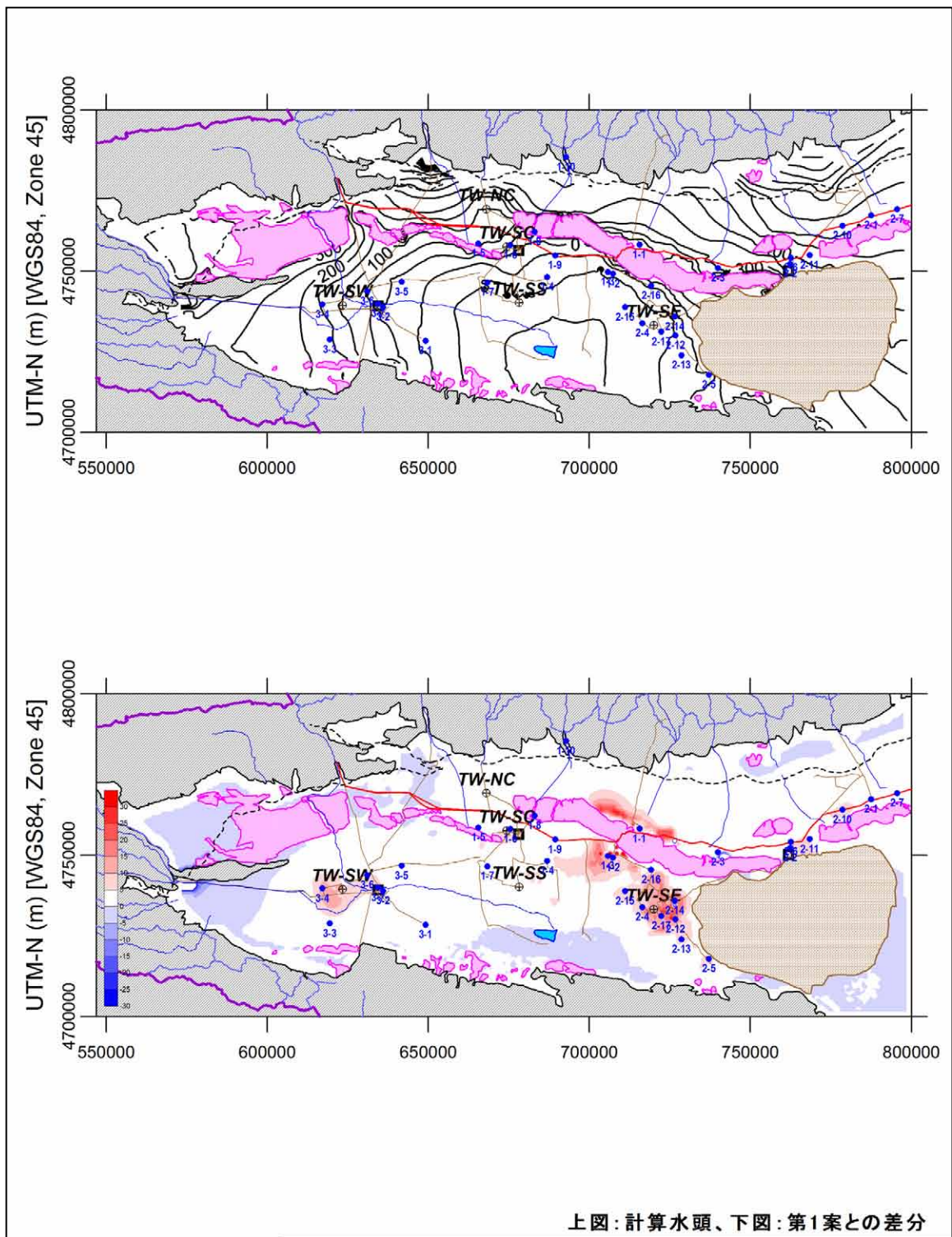


图 10.8.8 计算水位分布（方案2；全规划实施方案）（2020年12月、第17层）

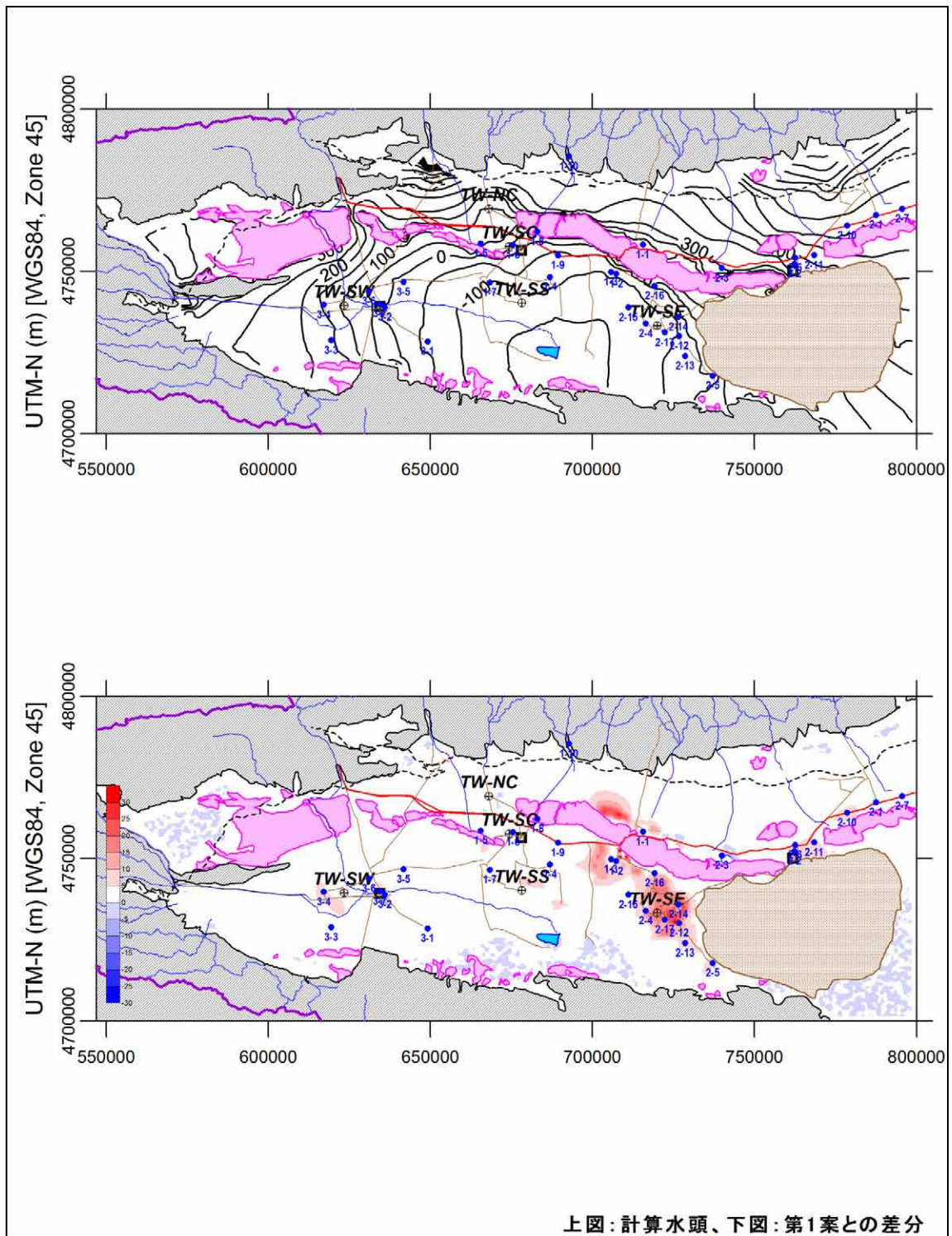


图 10.8.9 计算水位分布（方案 2；全规划实施方案）（2020 年 12 月、第 18 层）

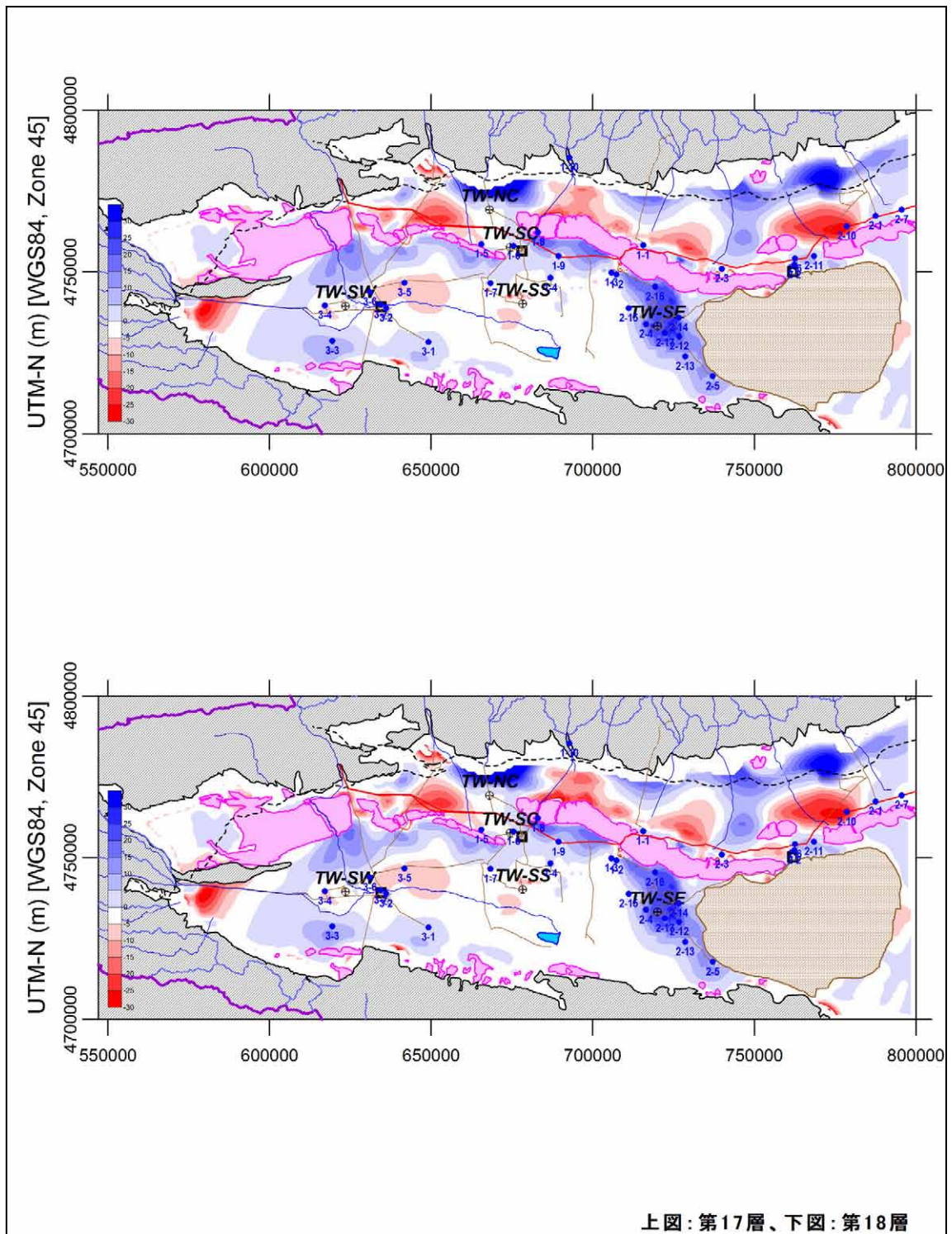


图 10.8.10 算水位（方案 2：全规划实施方案）（2020 年 12 月水位与 2003 年 12 月水位之差）



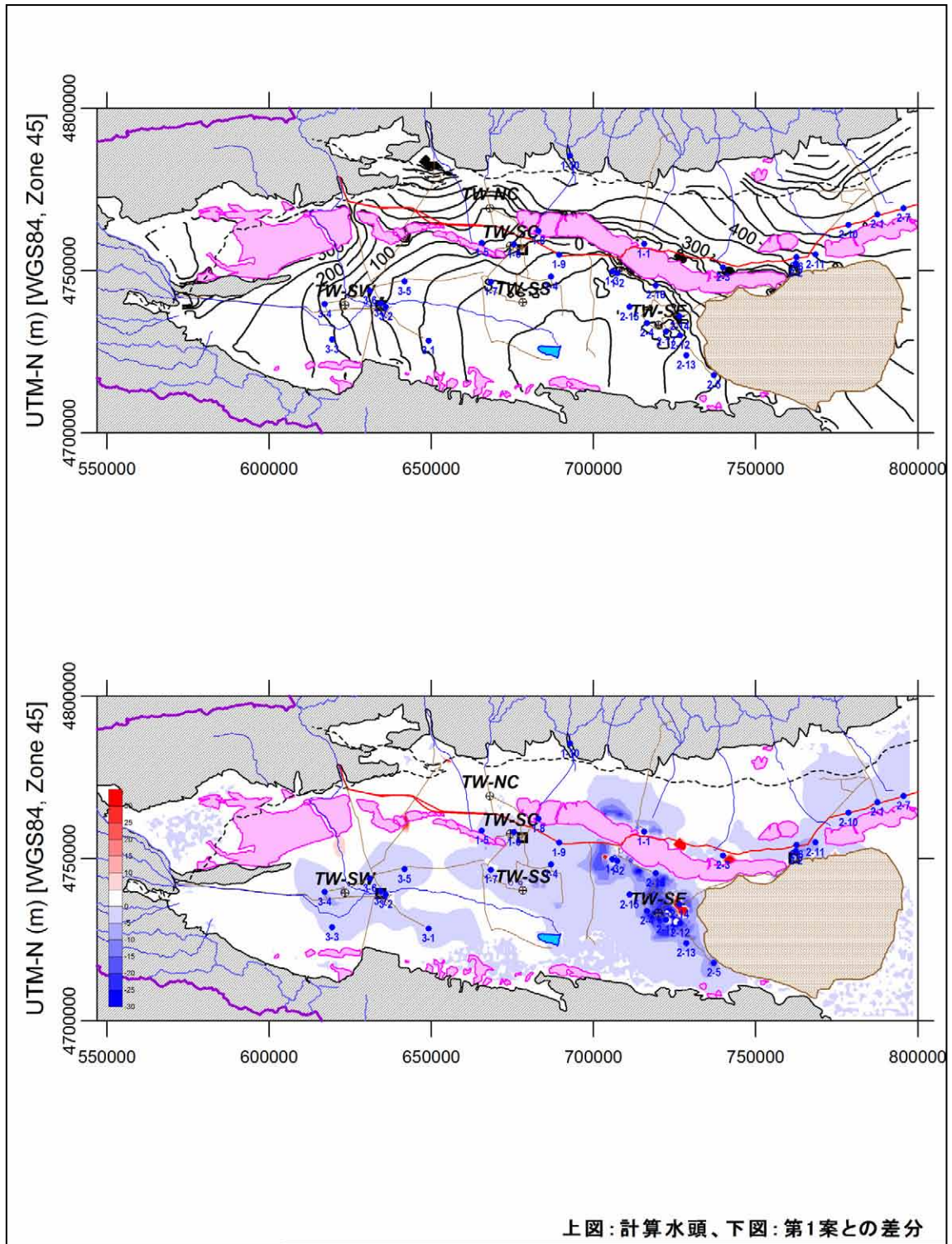


图 10.8.11 计算水位分布（方案3；最危机方案）（2020年12月、第17层）