

8.2.4 三次元広域モデル

1) 目的

三次元広域モデルは調査地域の水文地質構造と既存井戸の揚水量を考慮した地下水の広域での流動を検討するために作成した。モデルによる計算結果を実際の地下水流動と比較し検証を行った。モデル検証の後、モデルは将来の地下水位や流動方向を予測するために使用する。いくつかの揚水条件によるシナリオにもとづき予測を行い、その結果から最適かつ持続的な地下水資源の利用について示唆を得ることを目的とした。

2) 水文地質モデリング

すでに述べたように、本調査地域の地下地質は、深度 300m までの範囲において 5 層に区分される。三次元広域モデルは、表 8.2.2 に示すように実際の水文地質構造にもとづき 6 層構造とした。

表 8.2.2 三次元広域モデルのための水文地質条件のモデル化

地層名	モデル層区分	帯水層条件	モデル層相
A 層	Layer-1	不圧	粘土
	Layer-2	不圧/被圧	粘土、砂
B 層	Layer-3	被圧	粘土、砂、礫
C 層	Layer-4	被圧	粘土、砂、礫
D 層	Layer-5	被圧	粘土、砂、礫
E 層	Layer-6	被圧	粘土、砂、礫

図 8.2.9 には、三次元広域モデルのグリッドを示す。モデルは調査地域全域をカバーするように、97 列 × 118 行 × 6 層 (= 68,676 セル) を有する。モデル化した地域は南北方向に 118km、東西方向に 97km とし、各セルの大きさは南北方向、東西方向とも 1,000m とした。モデル層ごとのセルの数は 97 列 × 118 行 = 11,446 個であり、このうち本調査地域は 6,018 個のセルを占める。断面方向には、モデルの基底面を標高 - 500 m に設定し、深層部の広域的な地下水流動を再現できるようにした。なお、E 層の実際の基底面標高は深度 300m までの試掘調査では確認されなかったが、モデルでは E 層の基底面が標高 - 500m であると仮定した。

各モデル層の層厚や層相は、本調査により試掘調査の結果や既存井戸資料をもとに算出した。各地層の上面と下面の標高分布図や等層厚線図、および層相ごと（粘土相、砂相、礫相）の等層厚線図を作成した。こうした水文地質調査結果をもとに、モデルの Layer-1 から Layer-6 までの層相別等層厚線図を作成した。各層の透水係数(k)は、本調査で実施した揚水試験の結果をもとに設定した。MODFLOW プログラムでは、各モデル層の透水量係数 (T) は【(砂層の層厚) × k_s + (礫層の層厚) × k_g 】で計算

される。一方、実際の垂直方向の透水係数は本調査では測定しなかったため、その値は粘性土層の層相から推定した。貯留係数は、各層の層厚に、層相にもとづいて推定した比貯留量を乗ずることにより算出した。

3) モデルの検証

過去の地下水揚水量データやかん養量データを入力して行うモデルの検証は大変重要な作業である。本調査では、モデルの検証を1983年1月から2001年12月までの19年間について月別に228ステップの計算を行うことにより実施した。農業用や生活用の地下水揚水量は、本調査で作成したGISデータベースシステムや衛星画像解析による土地利用状況、既存統計資料等をもとに算出した。地下水かん養量は、調査地域内の気象観測所のデータを使用して、U.S. Soil Conservation Service (1972)が開発したSCS法により月別に算出した。地下水かん養量は最上位のモデル層に与えた。表8.2.3には、調査地域内において利用可能な地下揚水量データの種類を示す。本調査では、「浅層」および「深層」という用語を、水文地質条件を踏まえて明確に定義しているが、揚水量データにおける「浅層」と「深層」はオリジナルデータの名称に従って使用する。したがって、AG-STW揚水量(=農業用浅井戸揚水量)はモデルのLayer-2およびLayer-3から揚水されることになり、DM-STW(=生活用浅井戸揚水量)はLayer-2からのみ揚水されることになる。モデルでは、A層は粘土層のみから構成されることから、Layer-1からの揚水はないものと仮定した。

表 8.2.3 地下水揚水量データの種類

データ名	データの種類	取水される帯水層	取水されるモデル層
AG-STW	農業用浅井戸	A層下部およびB層	Layer-2 Layer-3
AG-DTW	農業用深井戸	B層	Layer-3
DM-STW	生活用浅井戸	A層下部	Layer-2
DM-DTW	生活用深井戸 (ボルシャバ生産井)	C層	Layer-4

図 8.2.10 には過去の地下水揚水量をデータ種類別およびモデル層別に示す。図 8.2.11 には、過去の地下水揚水量を用途別（年別）およびモデル層別（月別）に示す。本調査地域では、地下水揚水量は 1980 年代から年々増加しているが、とくにかんがい用井戸による地下水揚水量の増加が著しい。2000 年の年間揚水量は 3,016.0 MCM (= 百万 m³) /year と推定され、これは 1983 年の年間揚水量 (= 670.4 MCM/year) の 4.5 倍に達する。2000 年の全体揚水量のうち 98.9% は農業用であり、生活用水は 1.1% を占めるだけである。

調査地域の地下水かん養量の推定には、ジェソールの気象観測所のデータを使用した。水収支を計算するために、1990 年から 1999 年までの日降水量データと 1988 年から 1995 年までの蒸発計による日蒸発量データを使用した。日別蒸発量データには欠測データがあるので、月別の平均蒸発量を算出した。降水量をベースにした水収支計算は、日別に 1990 年から 1999 年の期間について行った。表 8.2.4 には、算出された調査地域の年別の水収支計算結果を示す。年間の地下水かん養量は 258.2 ~ 593.2mm と算出され、これは年間降水量の 17.3 ~ 30.4% を占める。

表 8.2.4 調査地域の年別水収支の推定結果

年	降水量 (mm)	蒸発計蒸発量 (mm)	植生等の遮断ロス (mm)	地表流出量 (mm)	実際の土壌蒸発量 (mm)	実際の蒸散量 (mm)	土壌水分への転化量 (mm)	地下水かん養量 (mm)
1990	1686	1788.96	27.5	112.65	497.87	527.40	7.57	513.02
1991	2052	1788.96	20.5	445.83	454.44	506.93	38.78	593.08
1992	1333	1790.94	17.0	129.42	388.91	479.05	0.00	357.41
1993	1802	1788.96	25.5	252.79	492.77	536.18	0.00	494.76
1994	1260	1788.96	21.0	76.06	409.12	438.80	0.00	315.01
1995	1397	1788.96	22.5	77.44	404.83	526.17	7.36	358.69
1996	1775	1790.94	20.0	275.62	424.92	525.13	4.72	531.97
1997	1553	1788.96	23.5	119.23	474.75	512.65	0.41	427.17
1998	1490	1788.96	26.0	135.16	510.38	550.57	9.86	258.44
1999	1467	1788.96	15.5	140.53	413.38	472.88	2.49	432.08

モデル検証期間全体の月別地下水かん養量を得るためには 1983 ~ 1989 年と 2000 ~ 2001 年の期間の月別かん養量を推定する必要があるが、そのために算出された 1990

～1999年の月別地下水かん養量と月別降水量の関係を検討した。その結果、月別降水量が75mm以下の場合には地下水かん養は発生しないことが判明し、75mm以上の場合には月別地下水かん養量と月別降水量との間には相関係数0.84の線形相関があることが確認された。したがって、上述の日別降水量データが得られない期間については、月別降水量とグラフ解析により得られた線形回帰式を使用して月別の地下水かん養量を算出した。

一般に、三次元地下水流動モデルの検証は一つのパラメータを修正する場合でも簡単ではない。その理由はある一つのセルのパラメータを修正すると、そのセルを取り巻く水平方向のセルの水頭が変化するだけでなく、上下方向に接するセルの水頭も変化してしまうからである。そのため、各セルに配分された揚水量の分布を考慮するとともに、パラメータが物理的に取り得る数値の範囲を考慮する必要がある。本調査ではモデルの検証の結果、現地調査では実測値が得られなかったいくつかの不確かなパラメータについて、物理的に可能な変化幅の中において値を修正した。修正したパラメータは、垂直方向の透水係数と比貯留量である。モデルの境界条件としては、モデル周辺部のいくつかの場所にモデル領域外との帯水層の連続性を保つための固定水頭境界と、モデルの最上位層に地表水と地下水の交流関係を再現するための一般水頭境界を適切に設定した。

4)過去の地下水流動の再現結果

モデルの検証後、過去の地下水流動を再現するためのシミュレーションを行った。シミュレーション期間は1983年1月から2001年12月までである。シミュレーションは非定常計算で行い、時間ステップは月別としてそれぞれの月の日数(28～31日)を設定した。

図8.2.12には、ジェナイダ・ポルシャバにおける実際の地下水位観測記録(BWDB Je-49観測井)と計算水頭との比較を示す。Layer-1の計算地下水位は浅層部の不圧帯水層の地下水位を示すが、これは地下水かん養量の多少に応じて変動が激しい。Layer-1の計算地下水位に比べて、Layer-2からLayer-6の計算被圧水頭は年々低下すると計算される。BWDB Je-49観測井で実測された地下水位変動と計算地下水変動は、実測記録のある1984～1994年の期間においてよく一致する。図8.2.13には、ジェソール・ポルシャバにおける実際の地下水位観測記録(BWDB A-9観測井)と計算水頭との比較を示す。BWDB観測井の位置と計算水位が得られたグリッド位置が少し異なるために実測水位と計算水頭の絶対値はわずかに異なるが、計算地下水頭の変動幅や地下水頭の低下傾向は適切に再現されている。以上のことから、検証された三次元広域モデルはジェナイダおよびジェソール・ポルシャバで観測された実際の地下水位

の変動を良く再現することができるかと判断される。

図 8.2.14 には、2001 年における Layer-3 の計算被圧水頭の分布を示す。1 月から 4 月にかけての乾季には、調査地域では被圧水頭が低下する。1 月に被圧水頭が海拔 0 m より低くなる地域は、ジェソール県の南部～東部にかけてと西部の地域である。4 月には海拔 0 m 未満の地域はジェナイダ県の北部にまで達する。しかし、雨季には被圧水頭は回復し、7 月には調査地域全域で被圧水頭は顕著に回復し、海拔 0 m 未満の地域はなくなる。10 月には 7 月と比べてわずかに水頭が下がるが、それでもジェソール県南部では被圧水頭は海拔 0 m 以上を維持する。図 8.2.15 には、2001 年 1 月における Layer-2 の計算被圧水頭分布と、本調査で同時期に測定した既存井戸 300 箇所における地下水位の実測結果を示す。全般に計算水頭の分布パターンは実測した地下水位の分布パターンとよく調和する。実測で得られたジェソール県南東部から南部にかけての地下水位が海拔 0 m 未満の地域も、シミュレーションでよく再現されている。また、ジェナイダ県中央部からジェソール県西部にかけての実測地下水位のわずかな高まりも、シミュレーションで再現されている。以上のことから、検証された三次元広域モデルは実際の地下水流動を再現できると判断され、これを予測計算に使用できると評価した。

5) 将来の揚水シナリオとケース

将来の地下水流動と被圧水頭の分布を予測するために、検証した三次元広域モデルを使用した予測シミュレーションを行った。予測期間は、2002 年 1 月から 2020 年 12 月までの 19 年間とした。予測シミュレーションは、228 ステップの月別による非定常計算とした。予測期間中の地下水かん養量は、1990 年から 1999 年までの平均かん養量を月別に与えた。

予測シミュレーションを行うにあたって、図 8.2.16 に示すように 3 つの将来揚水シナリオを設定した。シナリオ - 1 は 2001 年の揚水量が 2020 年まで継続すると仮定した。シナリオ - 2 は、将来の地下水揚水量が過去の揚水量の増加トレンドに従って増加すると仮定した（＝線形予測）。シナリオ - 3 は、将来の社会経済状況を考慮して、農業用地下水利用の増加率が低下すると仮定した。

以上のそれぞれの揚水シナリオと、設定したいくつかの揚水ケースを表 8.2.5 に示す。ケース - 1 は、将来の地下水揚水は現在と同じ帯水層および同じ場所で行われると仮定した。ケース - 2 は、これまで生活用浅井戸（DM-STW）で揚水されていた地下水利用の将来需要量が、2002 年から 2011 年までの 10 年間で Layer-2 から Layer-5（＝D 層、深層帯水層）にシフトすると仮定した。この場合、将来深層帯水層から揚水される平面的な位置は、現在と同じであると仮定した。ケース - 3 は、本調査で設定した

砒素汚染対策のための緊急改善地域および準緊急改善地域において、本調査のマスタープランで提案した広域ルーラル水道システムを考慮しながら、将来のDM-STW揚水量がLayer-5にシフトすると仮定した。このケースでは、監視地域では将来のDM-STW揚水量は現在と同じ既存の浅井戸から揚水されるものとし、調査地域南部の難透水層が分布する緊急および準緊急改善地域では、ハンドポンプのついた深井戸またはモザレベルでの深層生産井により揚水されると仮定した。一方、調査地域中央部から北部の緊急および準緊急改善地域では、将来のDM-STW揚水量は各郡の中央部に建設される深層生産井から揚水されると設定した。ケース - 4は、将来の農業用地下水揚水量が2002年から2020年にかけて毎年1%ずつLayer-5にシフトすると仮定した。この場合、将来の農業用深層地下水の揚水は、平面的には現在と同じ位置で行われると設定した。

表 8.2.5 将来の地下水揚水シナリオとケース

シナリオ	シナリオの内容	ケース	ケースの内容	揚水量データの名称
1	2001年の揚水量が2020年まで継続	1	現在と同じ帯水層から揚水	FQ-01
		2	DM-STW 揚水量を 2002 年から 2011 年にかけて深層帯水層 (Layer-5) にシフト	FQ-02
2	過去のトレンドで将来の揚水量が増加 (線形予測)	1	現在と同じ帯水層から揚水する	FQ-03
		2	DM-STW 揚水量を 2002 年から 2011 年にかけて深層帯水層 (Layer-5) にシフト	FQ-05
		3	広域ルーラル水道を考慮して、緊急および準緊急改善地域の DM-STW 揚水量を深層帯水層 (Layer-5) にシフト	FQ-07
		4	農業用揚水量を毎年 1% ずつ深層帯水層 (Layer-5) にシフト	FQ-09
3	社会経済状況予測により将来の揚水量が増加	1	現在と同じ帯水層から揚水	FQ-04
		2	DM-STW 揚水量を 2002 年から 2011 年にかけて深層帯水層 (Layer-5) にシフト	FQ-06
		3	広域ルーラル水道を考慮して、緊急および準緊急改善地域の DM-STW 揚水量を Layer-5 にシフト	FQ-08

6) 将来予測シミュレーション結果

a. シナリオ - 1 シミュレーション

シナリオ - 1 による将来の地下水揚水量を図 8.2.17 に示す。2002 年から 2020 年まで

の年間揚水量は 3,152.0 MCM/year である。なお、うるう年では年間揚水量が 3,166.6 MCM/year となる。

(i) ケース - 1、シナリオ - 1シミュレーション

図 8.2.18 にケース - 1、シナリオ - 1シミュレーションに入力した将来地下水揚水量を示す。各用途とも、2001 年の揚水量が 2020 年まで継続される。農業用揚水量は、AG-STW が 2,815.2 MCM/year、AG-DTW が 303.4 MCM/year である。生活用揚水量は、DM-STW が 25.22 MCM/year、DM-DTW が 8.15 MCM/year である。これらの揚水量は、うるう年にわずかに増加する。

ケース - 1、シナリオ - 1シミュレーションの結果、将来の被圧水頭は 2001 年の被圧水頭とほとんど同じであると予測された。計算被圧水頭の等値線は、深度とともに滑らかな曲線となる。図 8.2.19 には 2020 年における Layer-3 の計算被圧水頭の分布を示すが、海拔 0 m 以下の被圧水頭の低下部は、1 月および 4 月に調査地域の南部にみられる。2020 年 4 月の最低被圧水頭は、Layer-3 で - 6.251m と予測される。また、それ以外のモデル層の最低水頭は、Layer-2 と Layer-4 で - 6.246m、Layer-5 で - 5.376 m と予測される。

(ii) ケース - 2、シナリオ - 1シミュレーション

図 8.2.20 にケース - 2、シナリオ - 1シミュレーションに入力した将来地下水揚水量を示す。AG-STW、AG-DTW、および DM-DTW の揚水量はケース - 1、シナリオ - 1 と同じである。DM-STW の揚水量は、2002 年から 2010 年にかけて段階的に Layer-2 から Layer-5 にシフトされる。このケースは、調査地域すべての生活用浅井戸の揚水量が 2011 年までに深層地下水からの揚水に完全にシフトする場合のインパクトを予測するために設定された。

シミュレーションの結果、Layer-5 の 2020 年 4 月の計算被圧水頭は、図 8.2.21 に示すようにケース - 1 と比べて調査地域の南部でわずかに低下する。Layer-5 におけるケース - 1 との最大水頭差は 17.6 cm と予測される。一方、DM-STW 揚水量が Layer-2 から Layer-5 にシフトする場合のインパクトは、Layer-2 から Layer-4 ではほとんどみられない。

図 8.2.22 には、ジェソール県の 2 箇所におけるケース - 1 とケース - 2 の計算被圧水頭の差を示す。ケシャブプール郡ラジュナガール・バンカバルシ村では、Layer-5 と Layer-6 において被圧水頭が 8.2 cm 程度低下すると予測される。しかしながら、Layer-1 から Layer-4 では、Layer-4 (= C 層) に厚い粘性土層が分布するために影響がみられない。ジェソール・ポルシャバでは、Layer-3 から Layer-6 においてわずかな水頭低下

が認められるが、最大水頭差は Layer-5 で 5 cm 程度である。一方、Layer-1 と Layer-2 の水頭はケース - 1 よりもわずかに上昇する。なお、Layer-1 と Layer-2 の計算水頭には不規則な水頭の上昇がみられるが、これはモデルに入力した揚水量が急激に変化する場合に発生する数値計算上の収束エラーである。ジェナイダ・ポルシャバでは、Layer-4 から Layer-6 に 1 cm 程度のわずかな被圧水頭の低下が予測される。モヘシユプール郡クリシュナ・チャンドラプール村では、インパクトはきわめて小さいと予測される。チュアダンガ県のチュアダンガ・ポルシャバやボロドゥウパティラ村では、同県でもすべての生活用浅井戸利用が深層帯水層にシフトすると設定したにもかかわらず、その影響は認められないと予測される。

以上のシミュレーションの結果から、DM-STW 揚水量が Layer-2 から Layer-5 にシフトした場合の影響は、深層帯水層と浅層帯水層とを区分する厚い粘土層が存在する調査地域の南部に限られると予測される。しかしながら、その影響は最大 17.6 cm と小さい。この理由は、生活用地下水揚水量自体が少なく、農業用揚水量と比べると極めて少ない量であるためと判断される。

b. シナリオ - 2 シミュレーション

シナリオ - 2 による将来の地下水揚水量を図 8.2.23 に示す。シナリオ - 2 は準備した将来揚水量シナリオの中で最悪のものである。このシナリオでは、年間揚水量は 2010 年には 4,434.2 MCM/year に増加し、2020 年には 5,884.9 MCM/year に達することになる。

(i) ケース - 1、シナリオ - 2 シミュレーション

図 8.2.24 にケース - 1、シナリオ - 2 シミュレーションに入力した将来地下水揚水量を示す。AG-STW 揚水量は 2002 年の 2,946.9 MCM/year から 2020 年の 5,343.5 MCM/year に増加する。AG-DTW 揚水量は、2002 年の 312.6 MCM/year から 2020 年には 480.9 MCM/year に増加する。DM-STW 揚水量は 2002 年の 26.63 MCM/year から 2020 年の 44.31 MCM/year に、また、DM-DTW 揚水量は 9.12 MCM/year から 16.19 MCM/year に増加すると設定した。

シミュレーションの結果、将来の被圧水頭はほぼ直線的に 2002 年から 2020 年にかけて低下すると予測される。図 8.2.25 にはジェソール・ポルシャバにおける計算被圧水頭の変動を示すが、計算水頭はとくに乾季に大きく低下すると予測される。モデル層別にみると Layer-3 の水頭が最も低く、2002 年 4 月の - 0.91 masl から 2020 年 4 月の - 5.85 masl へと大きく低下する。雨季においても計算被圧水頭は年々徐々に低下する。Layer-2 の場合、2002 年 9 月には 6.51 masl であるが 2020 年 9 月には 5.40 masl

に低下すると予測される。なお、水位の低下は Layer-1 の不圧帯水層にも及ぶ。2002年から2020年にかけて、乾季の地下水位は0.83m低下し、雨季の水位は1.07m低下すると予測される。図8.2.26には調査地域のモデル村落における Layer-1 と Layer-2 の予測水頭を示すが、いずれの地点でも2002年から2020年にかけて計算水頭は直線状に低下する。とくに、ジェソール県南部のラジュナガール・バンカバルシ村では、Layer-2 の水頭は2002年4月の - 5.09 masl から2020年4月の - 10.98 masl へと大きく低下することが予想される。

図8.2.27には、2020年の Layer-3 における計算被圧水頭の分布を示す。2020年1月には海拔0m未満の水頭低下部は、ジェソール県の南部～東部および西部と、ジェナイダ県中部～北部地域に分布する。2020年4月には水頭低下部はさらに拡大し、Layer-3 の最低水頭は - 13.10mに達すると予測される。この予測シミュレーションでは Layer-5 からの揚水はないが、Layer-5 の最低水頭はジェソール県南東部で - 11.83 mになると予測される。雨季には水頭は調査地域全域で概ね回復するものの、海拔0m以下の水頭がジェソール県南東部に残る。

図8.2.28には2020年4月におけるケース - 1、シナリオ - 2とケース - 1、シナリオ - 1との計算水頭差を示す。図中の負の値は前者の計算水頭が後者のそれよりも低いことを示すが、5mよりも大きな水位差は、ジェソール県の南部～東部、同県西部、およびジェナイダ県北部に認められる。一方、チュアダンガ県では水頭差は3mよりも小さいと予測される。最大水頭差は Layer-2 で7.20m、Layer-3 および Layer-4 で7.21m、Layer-5 で6.68mとなる。雨季の水頭差は、図8.2.29に示すように乾季の差よりも小さくなる。雨季の最大水頭差は Layer-2 ではジェソール県西部の2.75mであり、Layer-3 では1.68mである。水頭差が0.8mより大きい地域は、ジェソール県中部～西部とジェナイダ県北部に分布する。

(ii) ケース - 2、シナリオ - 2シミュレーション

図8.2.30にケース - 2、シナリオ - 2シミュレーションに入力した将来地下水揚水量を示す。AG-STW、AG-DTW、およびDM-DTWの揚水量は、ケース - 1、シナリオ - 2と同じである。DM-STW揚水量は、2002年から2010年にかけて段階的に Layer-2 から Layer-5 にシフトされる。このケースは、最悪の揚水案であるシナリオ - 2において、調査地域すべての生活用浅井戸の揚水量が2011年までに深層地下水からの揚水に完全にシフトする場合のインパクトを予測するために設定された。

シミュレーションの結果、このケースでは2020年4月の計算被圧水頭が、図8.2.31に示すように調査地域南部においてケース - 1よりも低下することが予測される。Layer-5 の最大水頭低下量は30.7 cmと見積もられる。一方、DM-STW揚水量が深層

帯水層にシフトする場合の Layer-3 や Layer-4 への影響は、ジェソール県北部やジェナイダ県中央部などで 1 ~ 2 cm 程度と予測される。

図 8.2.32 には、ジェソール県の 2 箇所におけるシナリオ - 2 の場合のケース - 1 とケース - 2 の計算被圧水頭の差を示す。ラジュナガール・バンカバルシ村では、ケース - 1 に比べて、2020 年の末までに被圧水頭が約 14.5 cm 低下すると予測される。しかし、この最悪なシナリオの場合でも、Layer-4 (= C 層) 中に厚い粘性土層が存在するために、Layer-1 から Layer-4 までの被圧水頭には影響が及ばない。なお、シナリオ - 1 の場合には、DM-STW 揚水量が完全にシフトした後は水頭差が拡大しなかったが、シナリオ - 2 の場合には 2011 年までに完全にシフトした後も、Layer-5 と Layer-6 における被圧水頭差は拡大していく。ジェソール・ポルシャバでは、被圧水頭差の拡大は Layer-3 から Layer-6 にみられる。最大水頭差は Layer-5 の 8.8 cm である。Layer-3 と Layer-4 における水頭差は、2010 年以降はほとんど拡大せずに安定化するが、Layer-5 と Layer-6 においては水頭差の拡大が継続する。一方、Layer-1 と Layer-2 の水頭はケース - 1 よりも 2 ~ 7 cm 高くなる。なお、Layer-1 と Layer-2 の計算水頭には不規則な水頭の上昇がみられるが、これはモデルに入力した揚水量が急激に変化する場合に発生する数値計算上の収束エラーである。ジェナイダ・ポルシャバでは、Layer-5 において 2020 年末までに被圧水頭が 2.3 cm と小さなインパクトではあるが低下すると予測される。Layer-4 と Layer-6 の低下量は 1.7 cm と予測される。クリシュナ・チャンドラプール村では、影響は 1 cm 以内とごく小さい。チュアダンガ県では、最悪のシナリオですべての DM-STW 揚水量が深層帯水層にシフトする場合でも影響は出ないと予測される。

以上のことから、最悪の揚水案の場合においても、DM-STW 揚水量が Layer-2 から Layer-5 にシフトするケースの影響は限定的であると予想される。Layer-5 においては、最大水頭低下量は 30.7 cm と明瞭に現れるが、影響が出る地域は主にジェソール県だけである。Layer-3 と Layer-4 の被圧水頭への影響は、調査地域の中央部に限られる。このように、DM-STW 揚水量のシフトに伴う影響が限定される原因は、DM-STW 揚水量が小さいことと、Layer-4 (= C 層) 中の粘性土層の分布が調査地域の南部に限られていることで説明される。一方、チュアダンガ県では影響が出ないと予測されるが、その原因は Layer-5 がその上位に粘土層が存在しないために上位の帯水層と直接つながっており、浅層と深層の帯水層が大きな層厚をもつ 1 つの帯水層として振舞うためと説明される。透水量係数で表されるこの大きな帯水層の産出能力は、透水係数自体が大きく、しかも帯水層の層厚が厚いために高くなるわけである。

(iii) ケース - 3、シナリオ - 2シミュレーション

シナリオ - 2 では、本調査で提案した広域ローラル水道を考慮して DM-STW 揚水量が Layer-5 に設置する将来の生産井から揚水されるケース - 3 について予測シミュレーションを行った。まず、モデル上で緊急改善地域、準緊急改善地域および監視地域を GIS 解析にもとづき区分した。ケース - 3 では、緊急および準緊急改善地域の DM-STW 需要量を Layer-5 にシフトさせると設定した。監視地域では、将来においても既存の浅井戸が利用されるものと仮定した。Layer-4 (= C 層) 中に厚い粘性土層が発達しない地域では、郡ごとに DM-STW 需要量を合計し、それを広域ローラル水道で建設される将来の生産井から揚水されるものとした。チョーガッチャ郡とジェソール・サダール郡を除くジェソール県の緊急および準緊急改善地域では、DM-STW 需要量はハンドポンプのついた深井戸またはモザごとの深層生産井により揚水されるものと設定した。ケース - 3 では、これらの調査地域南部における深井戸は、1 km 四方のグリッドごとに建設されるものと仮定した。

図 8.2.33 に、ケース - 3、シナリオ - 2 の場合の 2020 年 12 月の Layer-5 における地下水揚水量の分布を示す。図中に示すように、広域ローラル水道の深層生産井は各郡の中央部に建設される。ジェソール・サダール郡では、2 本の将来生産井が 1 本あたり $897 \text{ m}^3/\text{day}$ で揚水すると設定した。チュアダンガ・サダール郡では 5 本の生産井が建設され、Layer-5 から 1 本あたり $880 \text{ m}^3/\text{day}$ で揚水するものとした。チョーガッチャおよびモヘシュプール郡の将来生産井では、1 本あたりそれぞれ $873 \text{ m}^3/\text{day}$ および $765 \text{ m}^3/\text{day}$ で用水される。なお、本調査のマスタープランで示した広域ローラル水道は、既存のポルシャバ生産井がある地域ではそれを活用することを提案しているが、本シミュレーションではすべて Layer-5 の深層地下水を水源とするように仮定している。

図 8.2.34 にケース - 3、シナリオ - 2 シミュレーションに入力した将来地下水揚水量を示す。AG-STW、AG-DTW、および DM-DTW の揚水量は、シナリオ - 2 のケース - 1 およびケース - 2 と同じである。DM-STW 揚水量は、2002 年から 2010 年にかけて段階的に Layer-2 から Layer-5 にシフトされる。グラフからもわかるように、Layer-2 からの DM-STW 揚水量は 2002 年から 2011 年まで徐々に少なくなるが、2012 年からは再び増加する。これは、シナリオ - 2 で設定した DM-STW 需要量が直線状に増加するためである。2020 年の DM-STW 合計揚水量 $44.31 \text{ MCM}/\text{year}$ のうち、 $13.68 \text{ MCM}/\text{year}$ が Layer-5 から揚水される。

本シミュレーションの結果を図 8.2.35 に示すが、ケース - 1 と比べると 2020 年 4 月には Layer-5 の被圧水頭は、ジェソール県南部において最大 27.3 cm 低下する。一方、広域ローラル水道の生産井による揚水の影響により、Layer-5 の被圧水頭はジェソー

ル県チョーガッチャ郡の中央部で最大 1.04m低下する。将来生産井による Layer-2 から Layer-4 までの被圧水頭への影響は、ジェソール県のチョーガッチャ郡やジェソール・サダール郡、ジェナイダ県モヘシュプール郡、およびチュアダンガ県のチュアダンガ・サダール郡やジバンナガール郡で出現すると予測される。しかし、Layer-4 の最大水頭低下量は、チュアダンガ・サダール郡で 7.8 cm、チョーガッチャ郡で 7.1 cm、モヘシュプール郡で 6.1 cm だけである。被圧水頭の低下は、上位のモデル層ほど小さくなる。

図 8.2.36 には、チョーガッチャ郡およびモヘシュプール郡の将来生産井設置サイトにおけるシナリオ - 2 揚水案のケース - 1 とケース - 3 の水頭差を示す。チョーガッチャサイトでは、2020 年 12 月までに Layer-5 の水頭差が最大値である 1.04m に達する。2 番目に大きな水頭差は Layer-6 に発生し、その値は 2020 年 12 月に 0.40m となる。モヘシュプールサイトでは、Layer-5 の水頭低下が大きく、2020 年 12 月には 0.35m になると予測される。しかし、同時期の Layer-6 の水頭低下量は 10 cm だけである。

図 8.2.37 には、2020 年の Layer-5 における予測被圧水頭分布を示す。ケース - 1 のシミュレーション結果と比較すると、広域ルーラル水道を建設した場合でも、広域的な地下水流動系はほとんど変化しないことがわかる。被圧水頭の等値線は、チョーガッチャ郡の限られた地域でわずかに変化するだけである。したがって、調査地域の地下水需要量全体が最悪のシナリオになった場合でも、広域ルーラル水道の建設による影響は極めて限定されたものになると評価される。シミュレーションの結果からも、広域ルーラル水道は砒素汚染地域に安全な飲料水を供給するための重要な対策手法になると判断される。

(iv) ケース - 4、シナリオ - 2 シミュレーション

農業用地下水利用が Layer-2 から Layer-5 にシフトした場合の影響を検討するために、ケース - 4 を設定した。シナリオ - 2 のケース - 3 に、農業用地下水揚水量が毎年 1% ずつ深層帯水層にシフトする条件を追加した。このケースでは、調査地域全体で農業用揚水量の部分的なシフトが起こると設定した。シフトした場合の深層からの農業用揚水の位置は、既存の農業用井戸と同じ位置であると仮定した。

図 8.2.38 にケース - 4、シナリオ - 2 シミュレーションに入力した将来地下水揚水量を示す。DM-STW と DM-DTW の揚水量は、シナリオ - 2 のケース - 3 と同じである。AG-STW では、2020 年に 5,343.5 MCM/year のうち 1,015.3 MCM/year が Layer-5 から揚水されることになる。AG-DTW では、2020 年に 480.9 MCM/year のうち 91.35 MCM/year が Layer-5 から揚水される。図 8.2.38 の e) に示すように、月別の全体揚水量グラフにおいても、Layer-5 からの揚水量が明瞭に示される。

図 8.2.39 には、2020 年の Layer-5 における計算被圧水頭の分布を示す。2020 年に 19% という農業用揚水量の深層地下水への部分的シフトによるだけでも、Layer-5 の地下水流動への影響は大きく、とくに深層帯水層が C 層の粘性土層に覆われる地域では水頭低下が著しい。2020 年 1 月と 4 月の最低被圧水頭は、それぞれ - 16.33 masl と - 20.84 masl と予測される。

図 8.2.40 には、ジェソール県ラジュナガール・バンカバルシ村における予測被圧水頭を示す。ここでは、Layer-5 および Layer-6 の被圧水頭が、急激に年々低下していくと予測される。2020 年 4 月には、Layer-5 と Layer-6 の被圧水頭は、それぞれ - 20.72 masl と - 20.50 masl になると計算される。

図 8.2.41 には、シナリオ - 2 の 2020 年 4 月におけるケース - 1 とケース - 4 の計算被圧水頭差を示す。層別にみると、農業用地下水揚水の部分的シフトの影響が現れるのは、Layer-5 だけである。そこでの最大水頭差は 11.7m と予測される。水頭差の分布パターンは C 層の粘性土層の分布パターンと良く似ている。一方、Layer-2 から Layer-4 までの被圧水頭は、農業用揚水量の部分的なシフトの影響で浅層部からの地下水揚水量が減少するために、ケース - 1 に比べて最大 0.6m ほど上昇する。シミュレーションの結果、C 層の粘性土層に覆われる深層帯水層の被圧水頭は、深層地下水開発に対して敏感であり、水頭が低下しやすいと評価される。その原因は、その粘土層の存在により、浅層部から深層帯水層への地下水の補給が規制されるためであると説明できる。

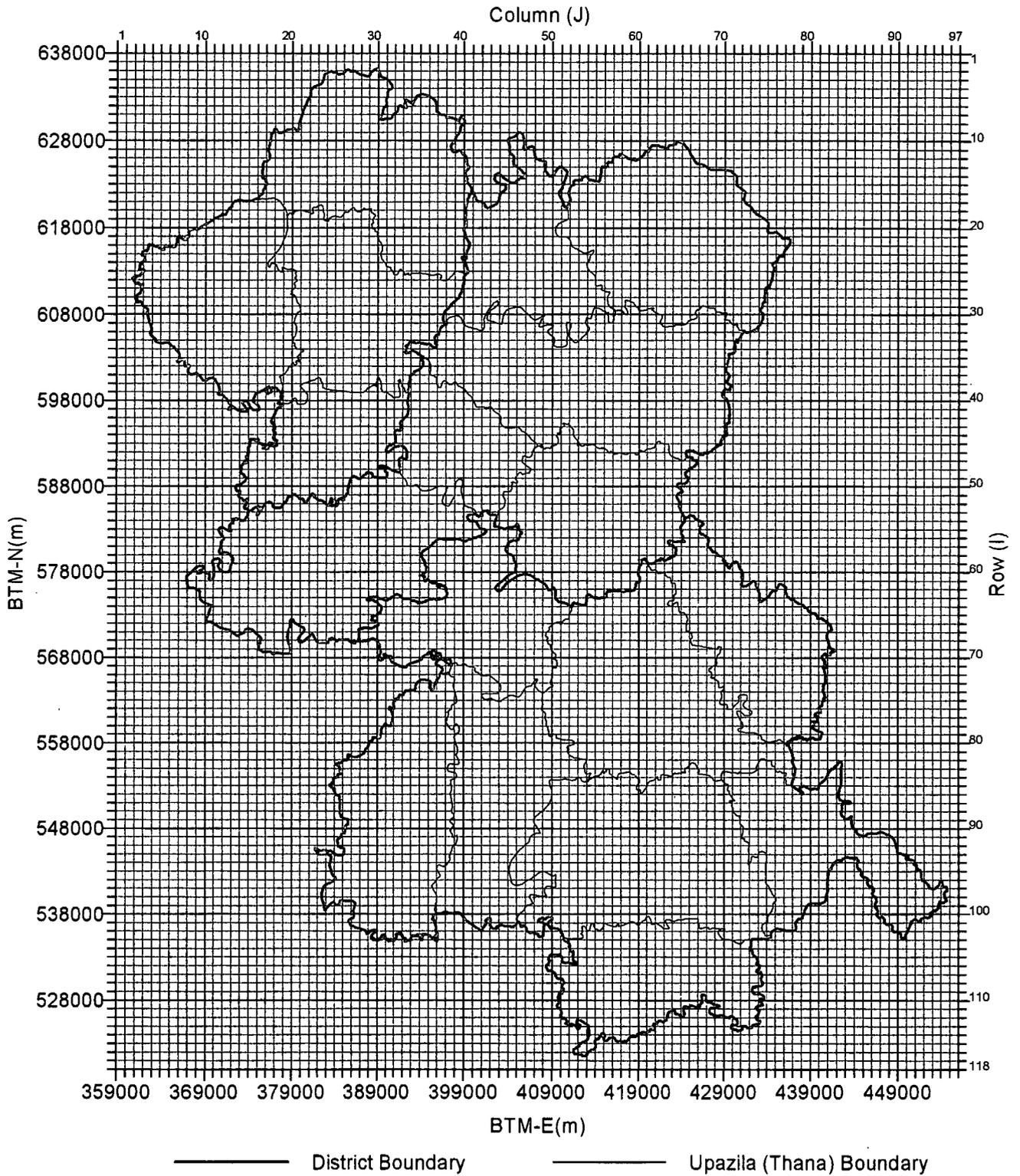


図8.2.9

三次元広域モデルのモデルグリッド

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

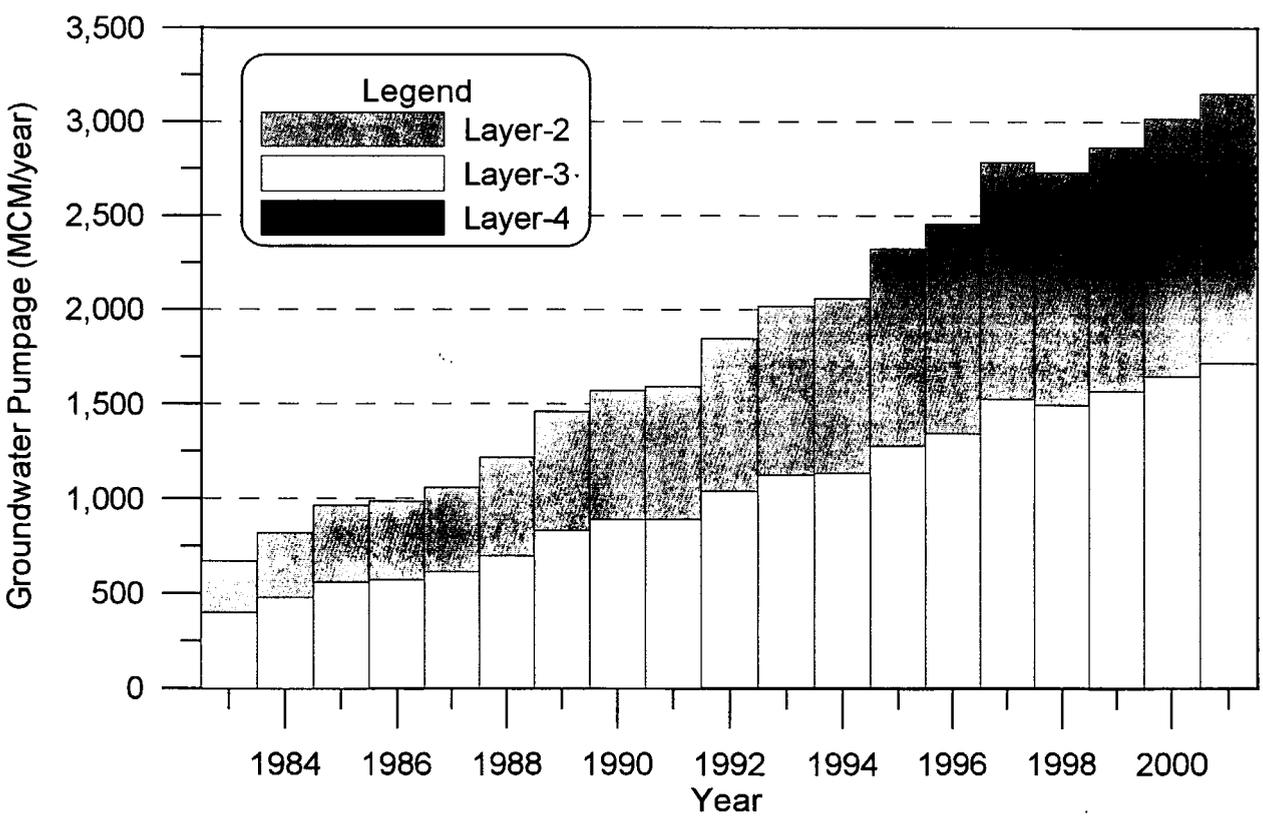
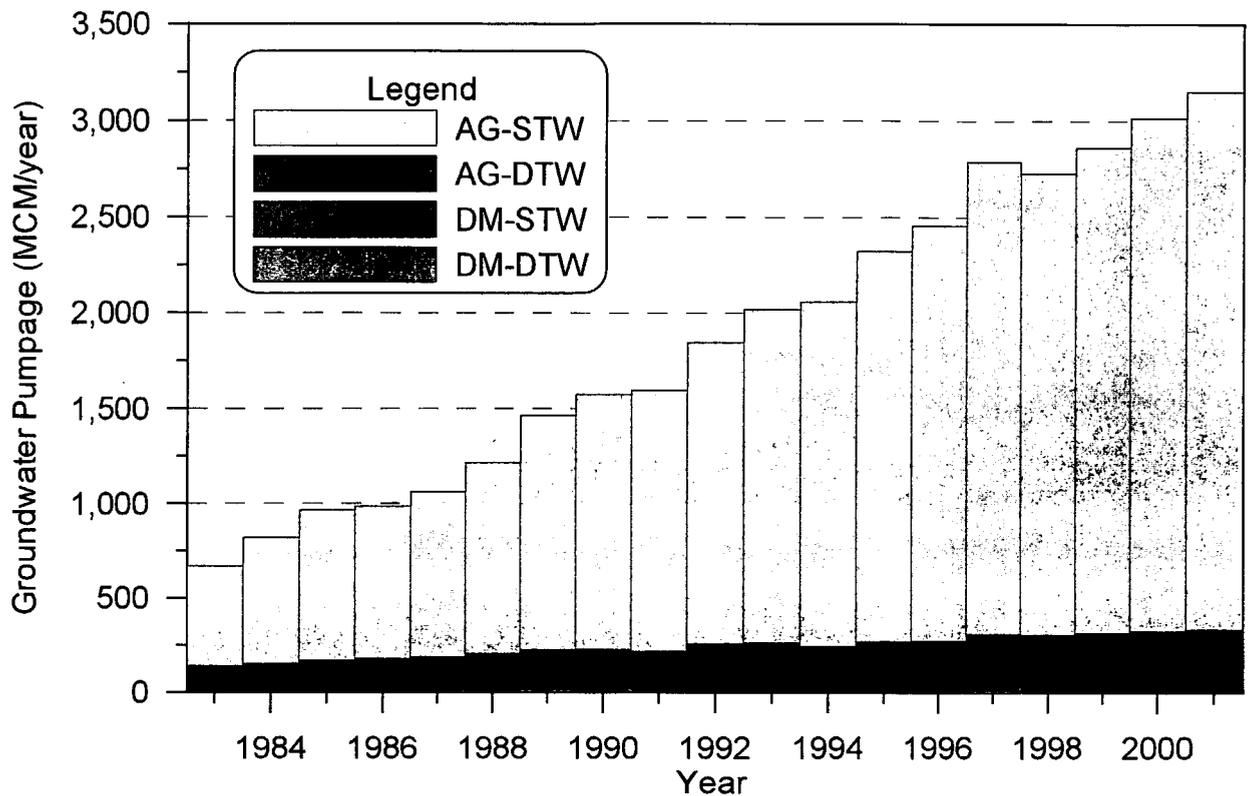
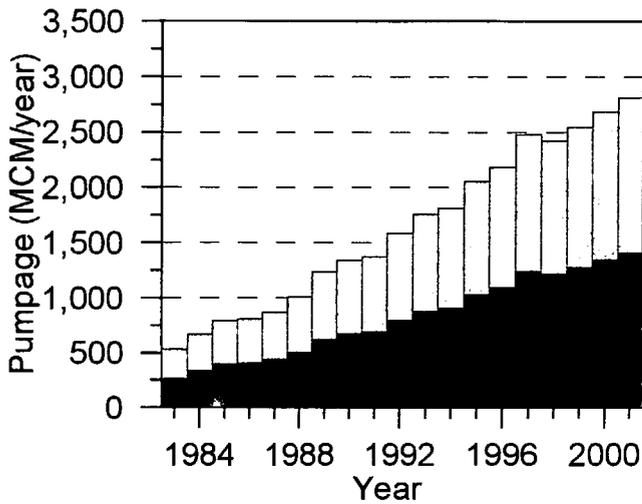
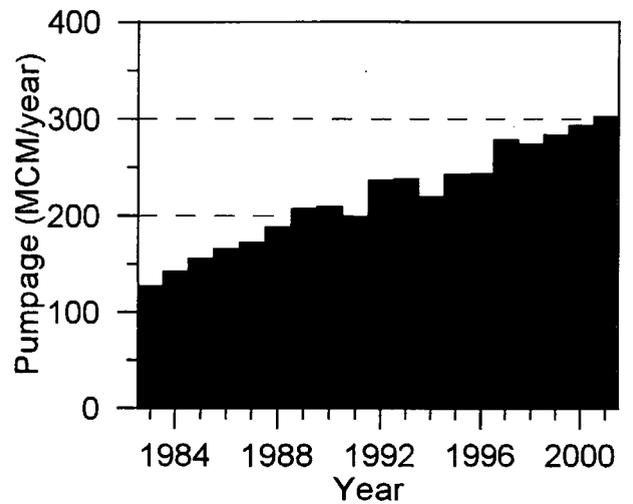


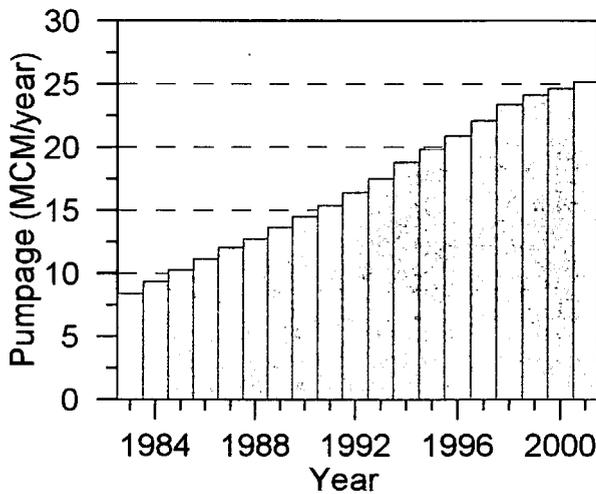
図8.2.10	三次元広域モデルに入力した 過去の地下水揚水量
THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	



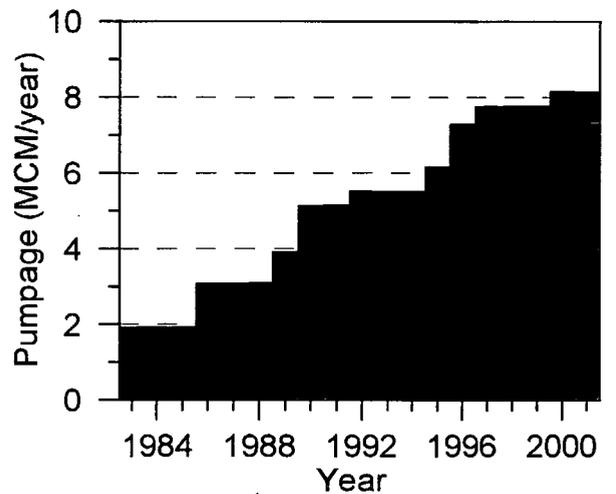
a) Agriculture Shallow



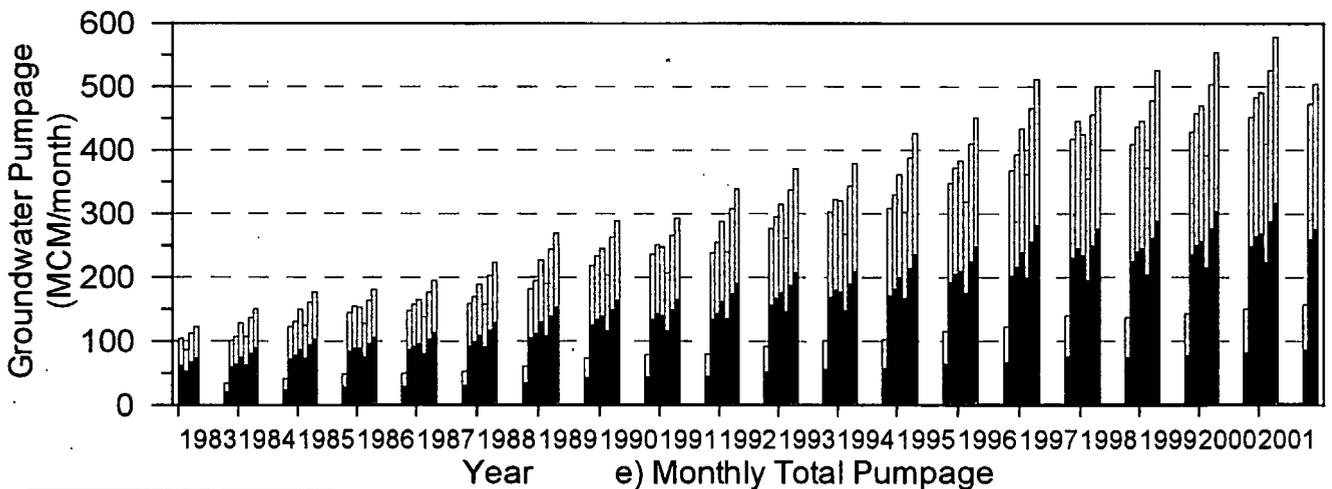
b) Agriculture Deep



c) Domestic Shallow



d) Domestic Deep



e) Monthly Total Pumpage

Legend

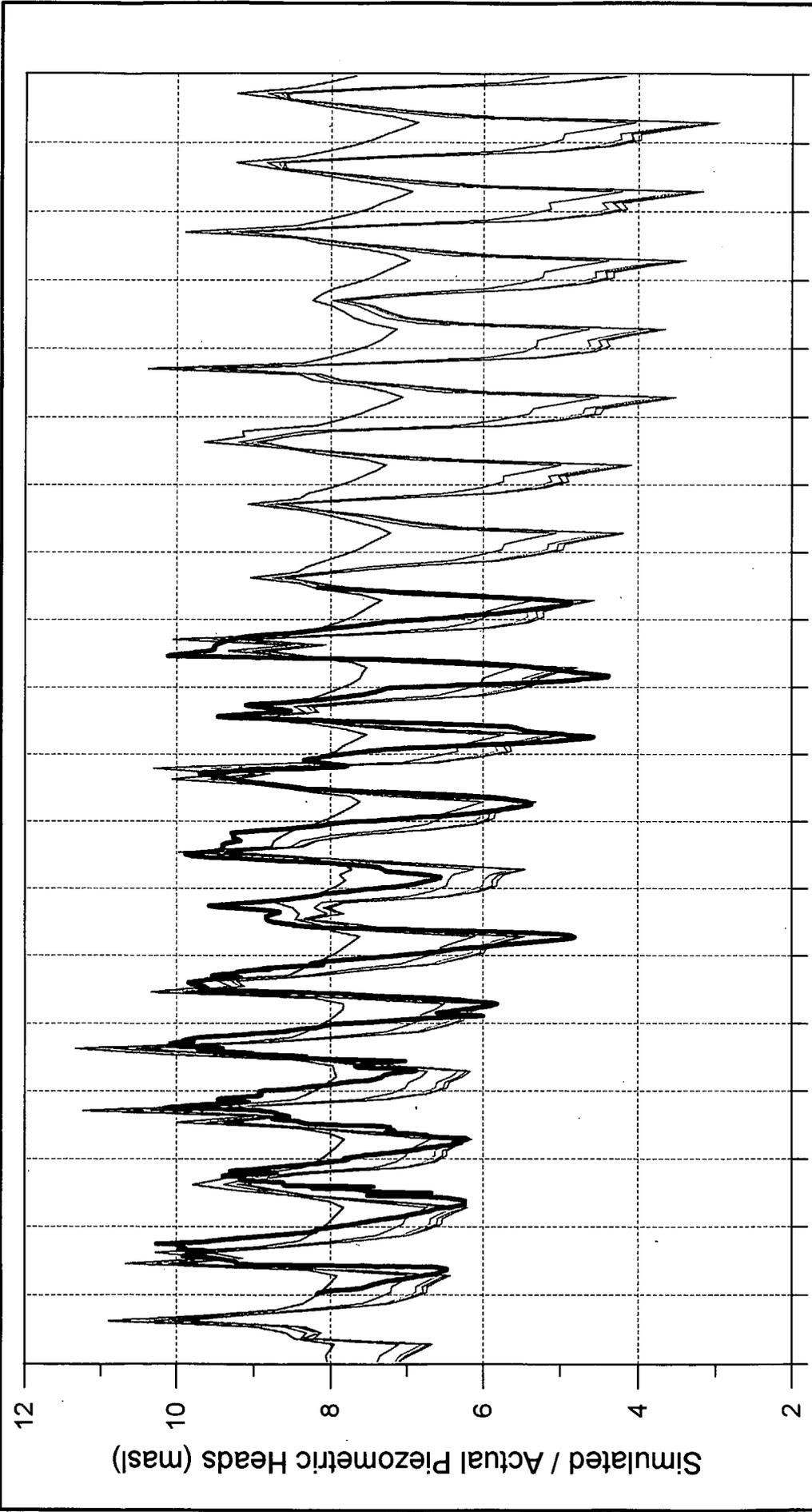
- Layer-2
- Layer-3
- Layer-4

図8.2.11

用途別およびモデル層別の
過去の地下水揚水量

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002

Year

[Actual Data Source: BWDB]

LEGEND

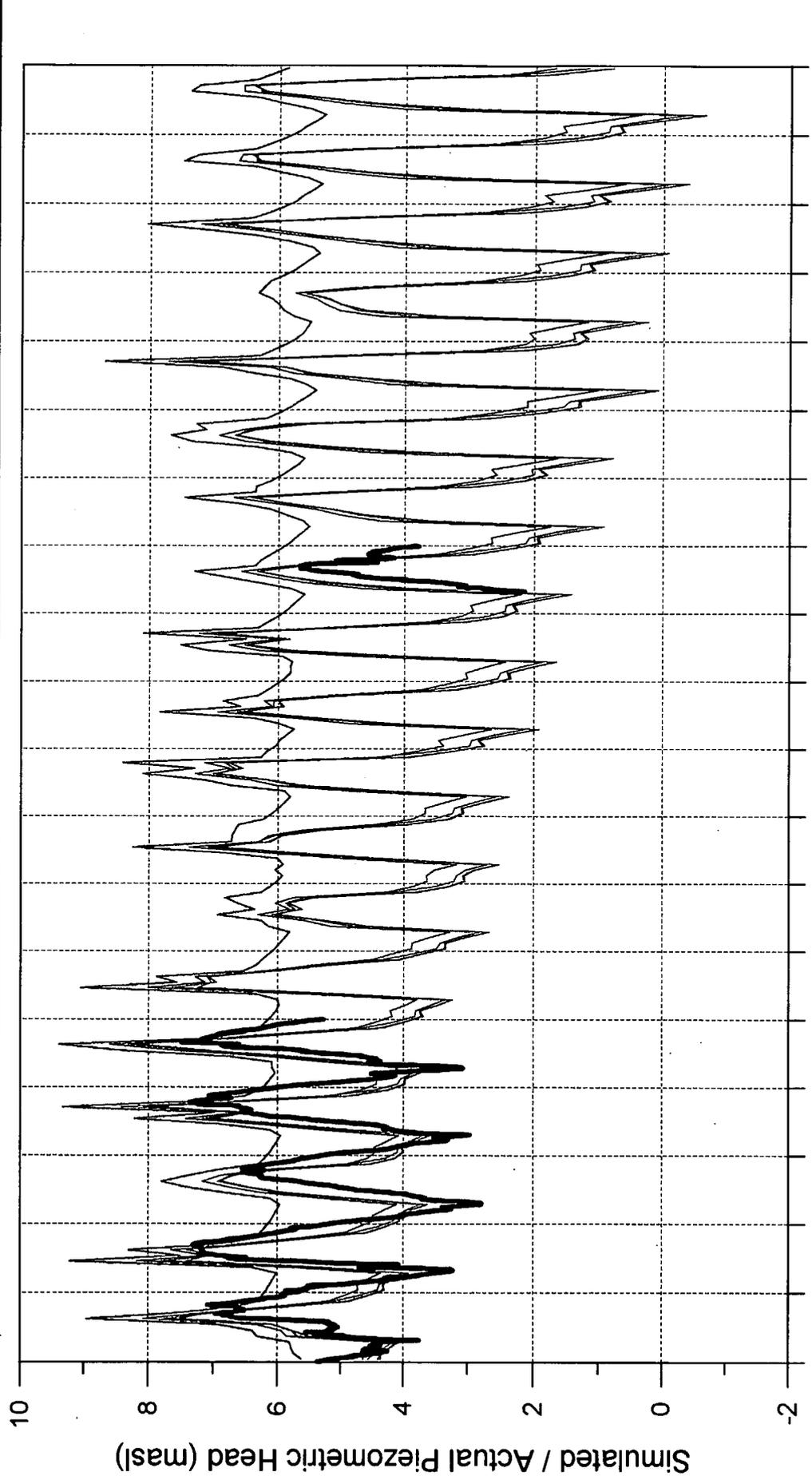
- Simulated Head (Layer-1)
- Simulated Head (Layer-2)
- Simulated Head (Layer-3)
- Simulated Head (Layer-4)
- Simulated Head (Layer-5)
- Simulated Head (Layer-6)
- Actual Groundwater Level (BWDB Je-49)

図8.2.12

**ジェナイダ・ポルシヤヴァにおける計算
地下水頭と実測地下水位との比較**

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002

Year

[Actual Data Source: BWDB]

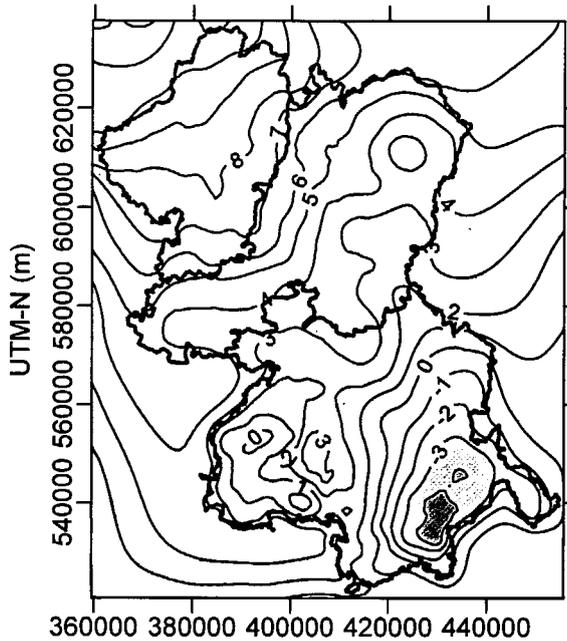
LEGEND

- Simulated Head (Layer-1)
- Simulated Head (Layer-2)
- Simulated Head (Layer-3)
- Simulated Head (Layer-4)
- Simulated Head (Layer-5)
- Simulated Head (Layer-6)
- Actual Groundwater Level (BWDB A-9)

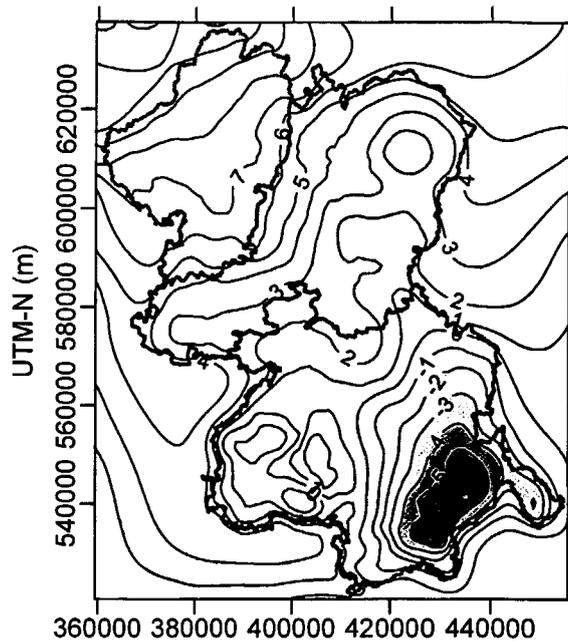
図8.2.13
**ジェソール・ポルシヤヴァにおける計算
 地下水頭と実測地下水位との比較**

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
 DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
 ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

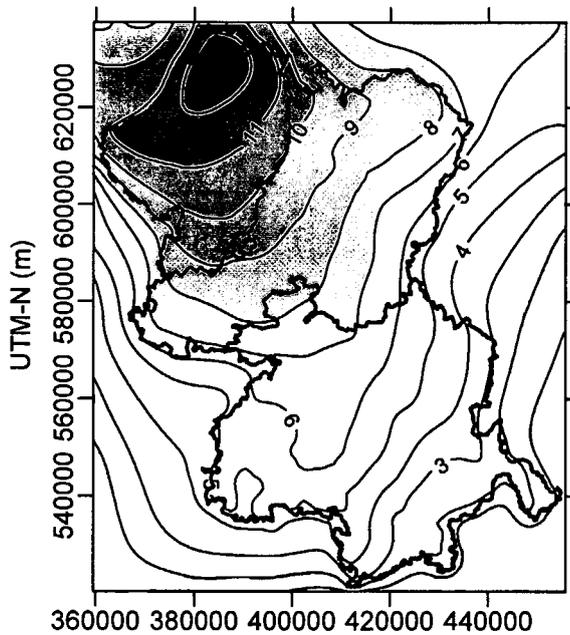
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



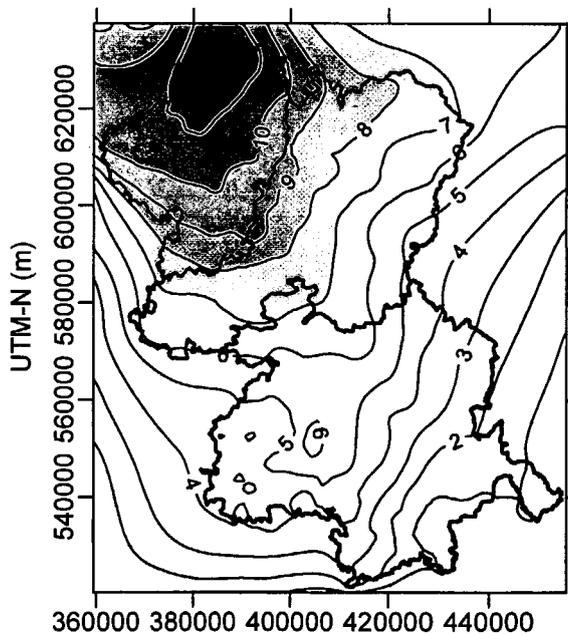
UTM-E (m)
a) Jan 2001



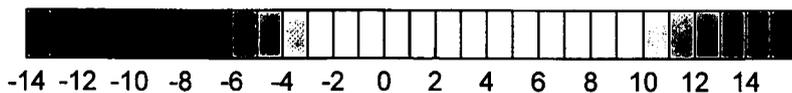
UTM-E (m)
b) Apr 2001



UTM-E (m)
c) Jul 2001



UTM-E (m)
d) Oct 2001



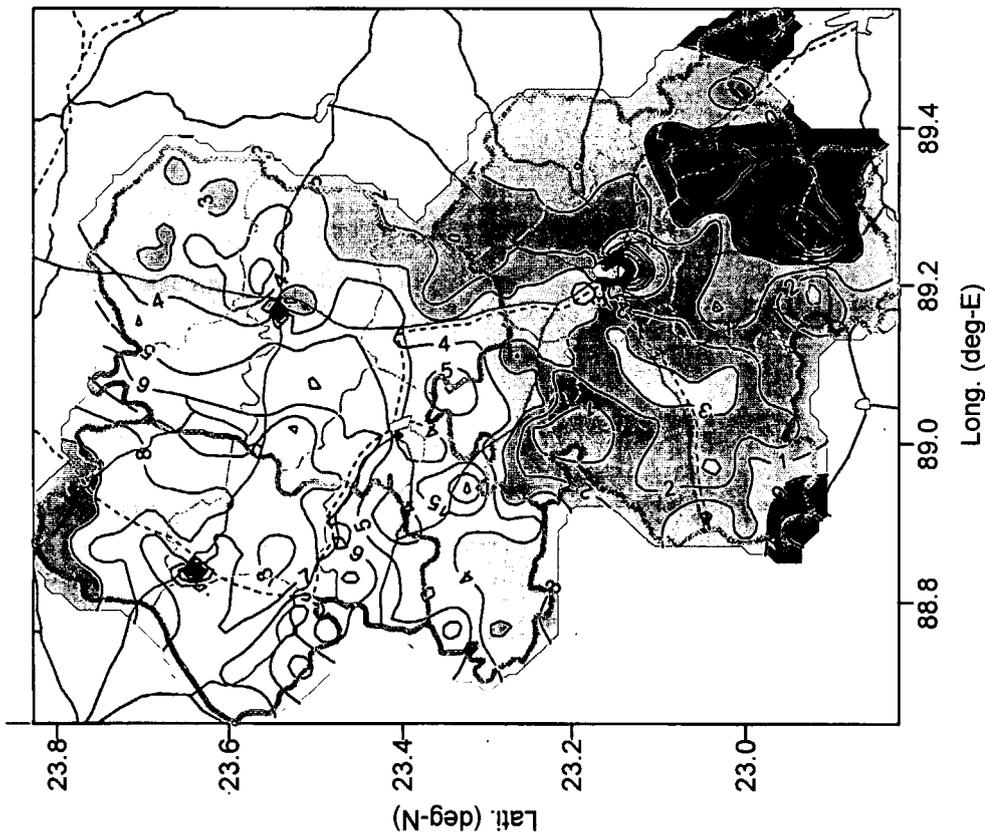
Simulated Piezometric Head
in Layer-3
(Unit: m above sea level)

図8.2.14

検証計算による計算被圧水頭の分布
(2001年、Layer-3)

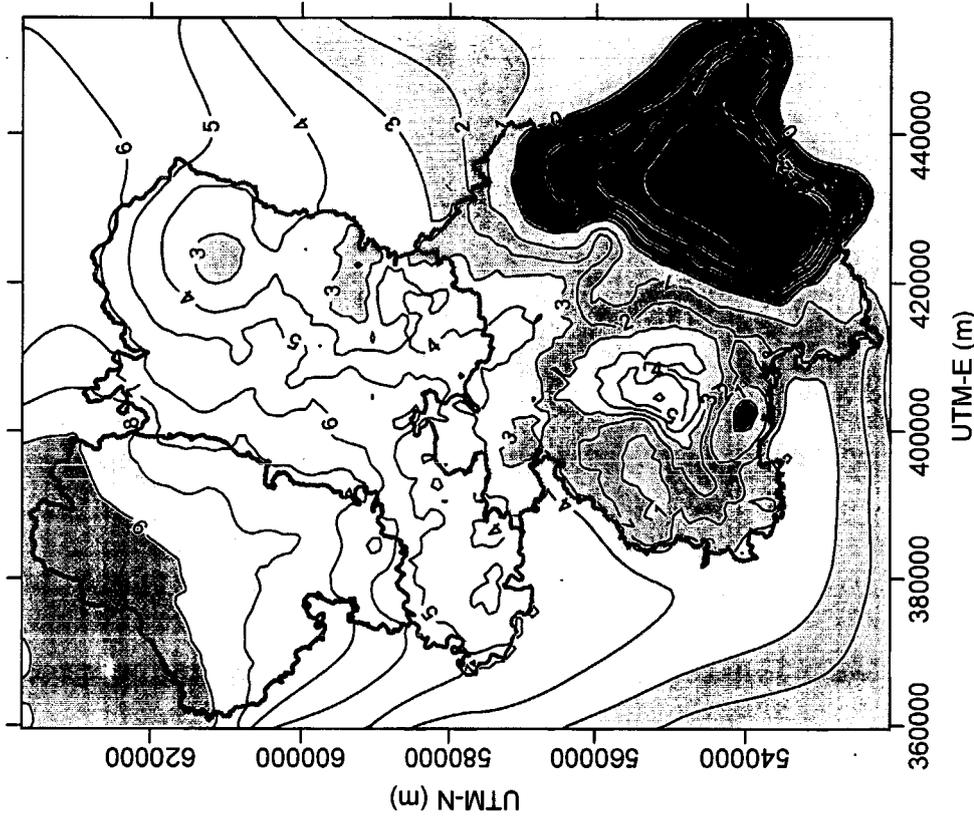
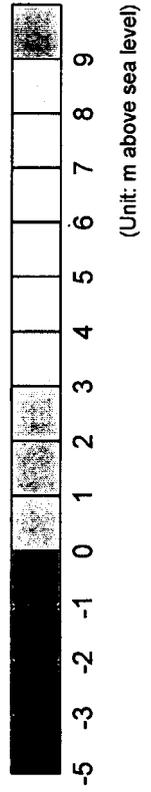
THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



a) Actual Groundwater Levels in January 2001 Measured at 300 Existing Wells

Actual Groundwater Level and Simulated Piezometric Head



b) Simulated Piezometric Heads in Layer-2 in January 2001 by Historical Simulation

図8.2.15

**2001年1月における計算被圧水頭分布
と実測地下水位分布との比較**

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

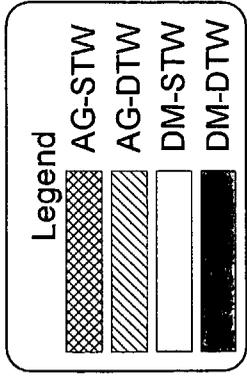
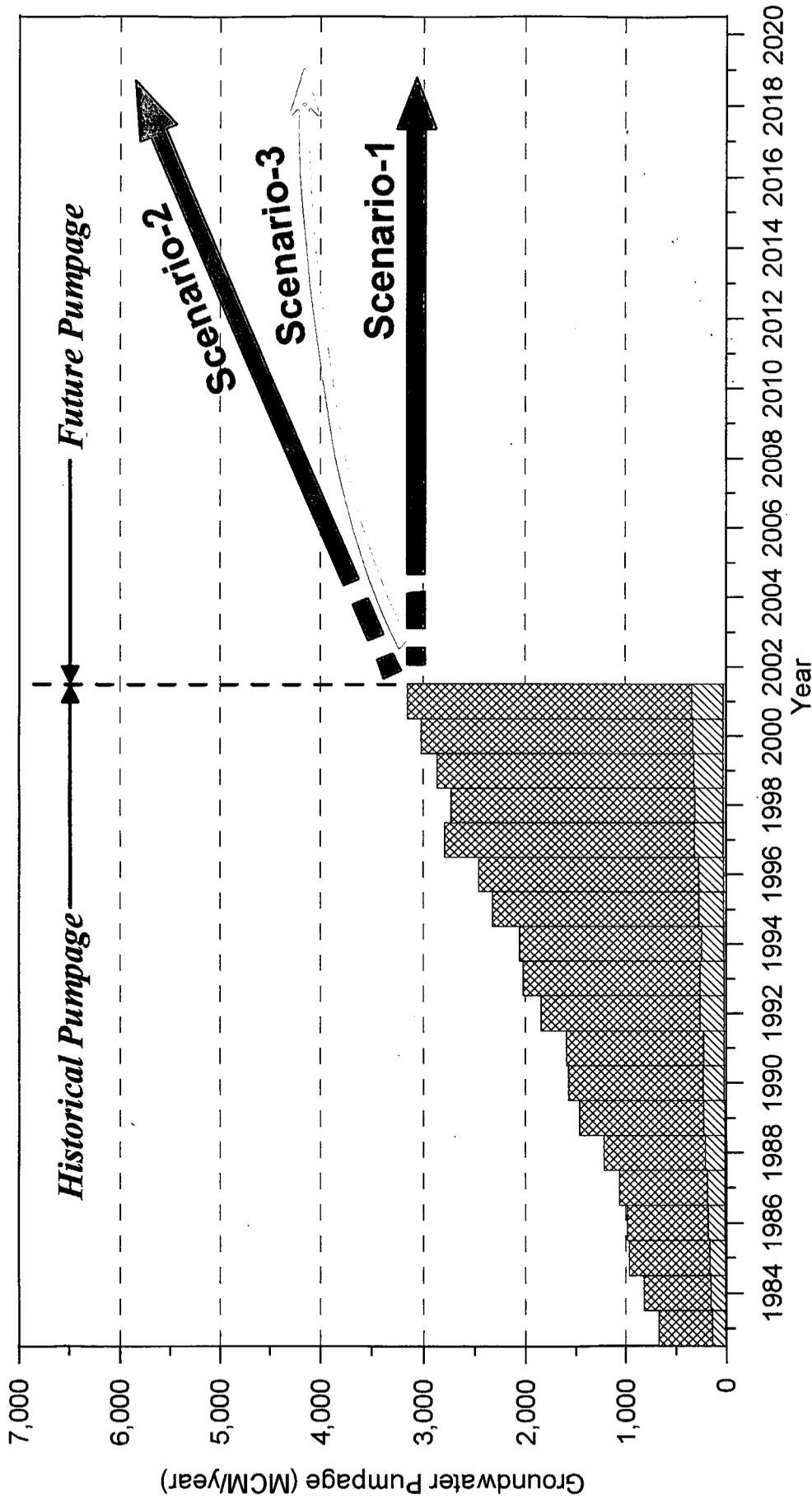


図8.2.16 将来の地下水揚水シナリオの概念

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

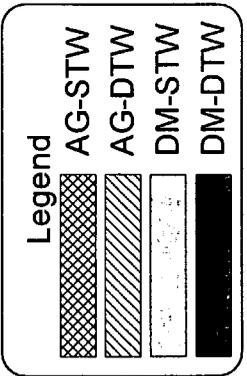
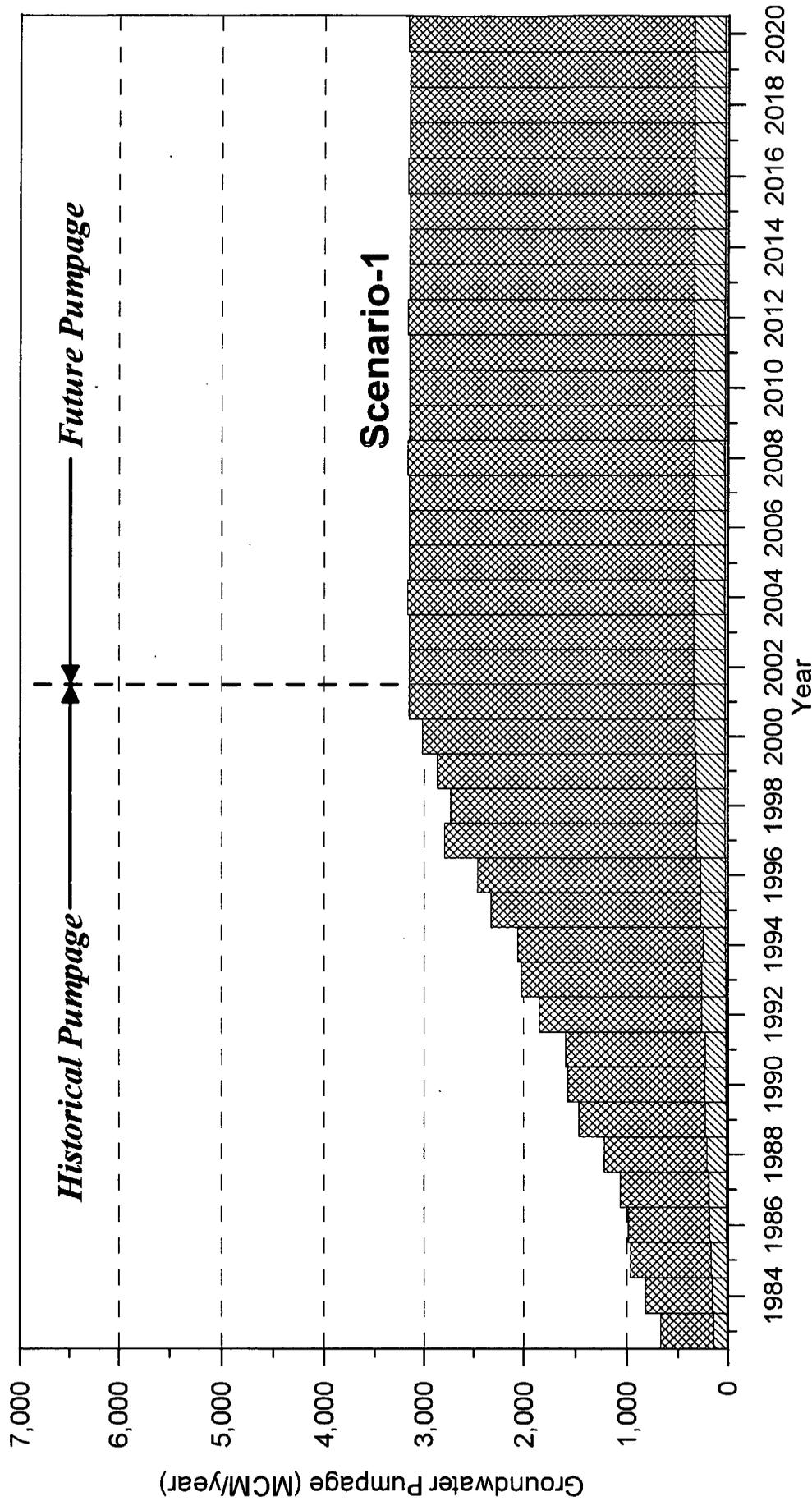
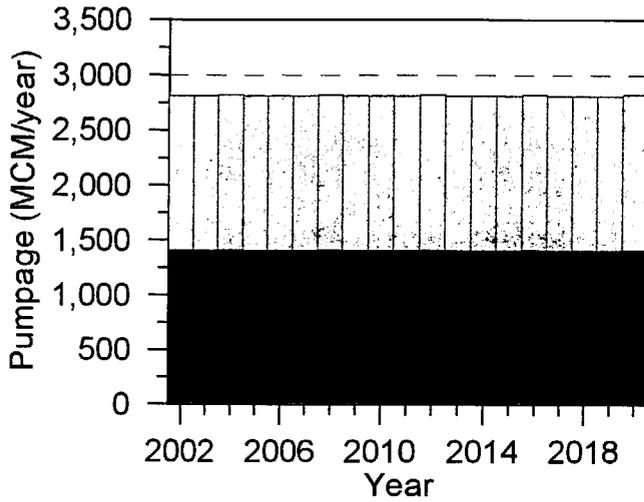


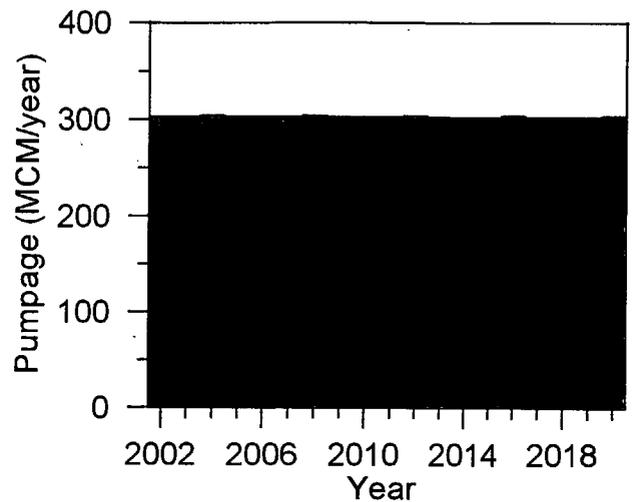
図8.2.17 シナリオ-1による将来地下水揚水量

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

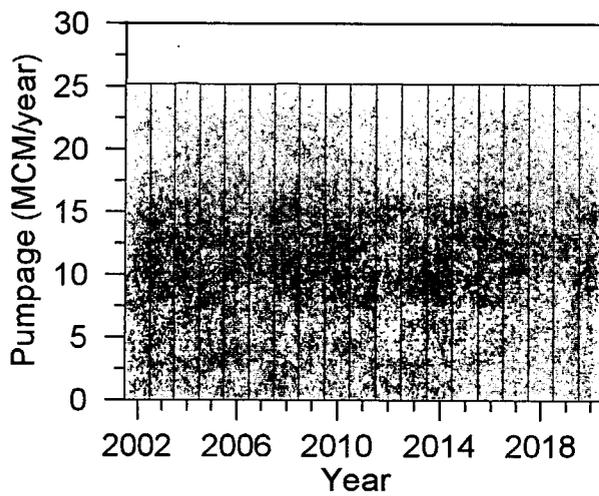
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



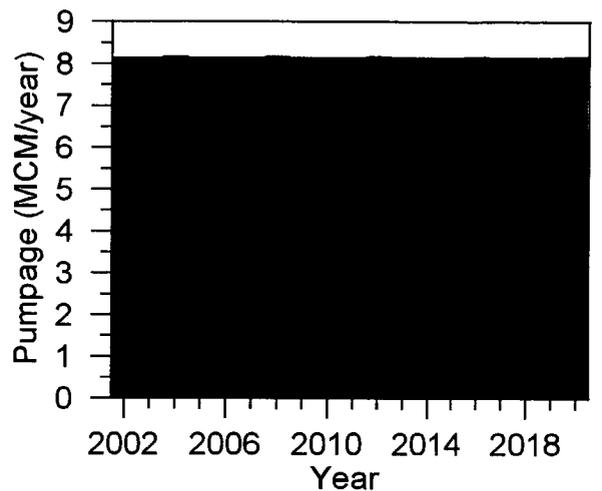
a) AG-STW



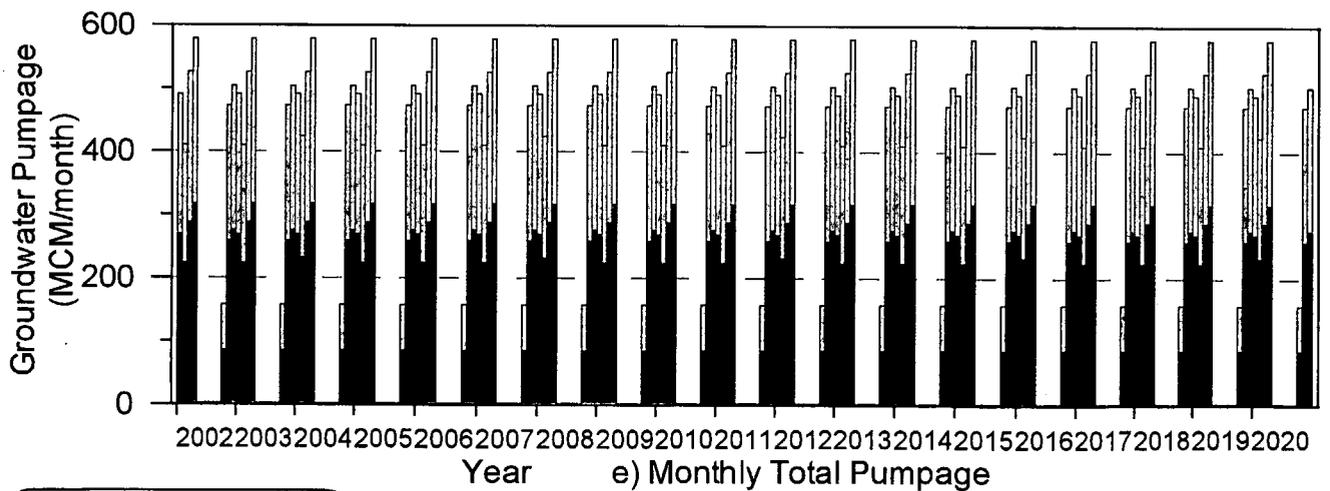
b) AG-DTW



c) DM-STW



d) DM-DTW



e) Monthly Total Pumpage

Legend

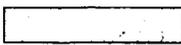
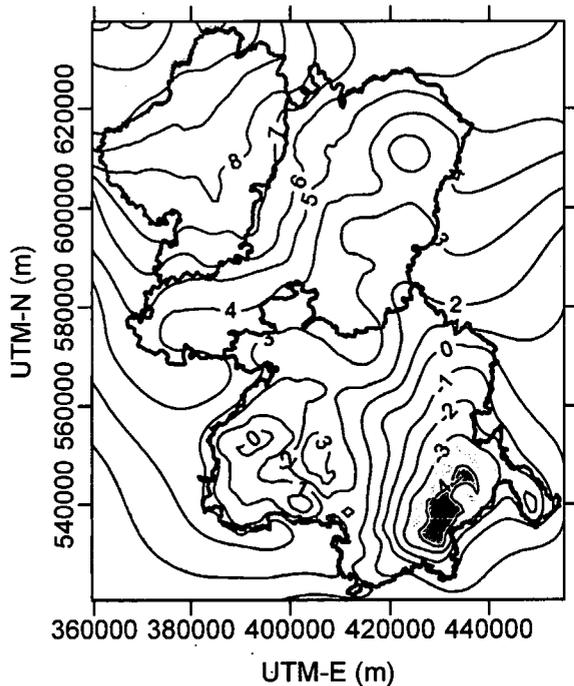
-  Layer-2
-  Layer-3
-  Layer-4

図8.2.18

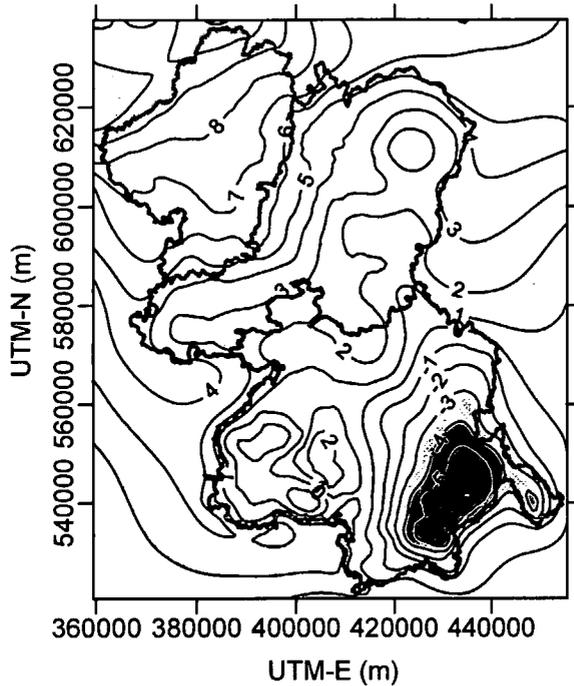
ケース-1、シナリオ-1による
将来地下水揚水量

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

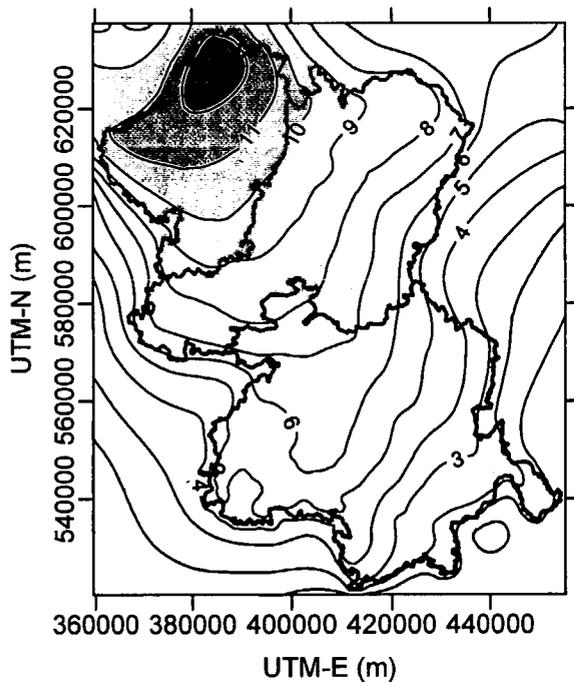
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



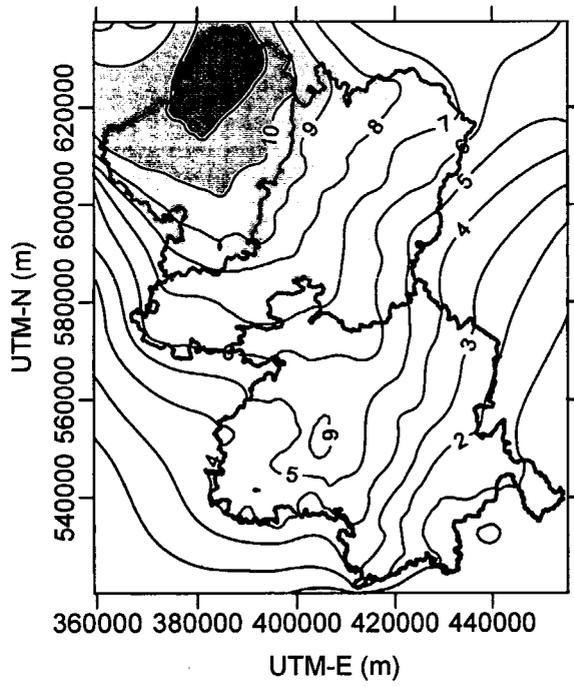
a) Jan 2020



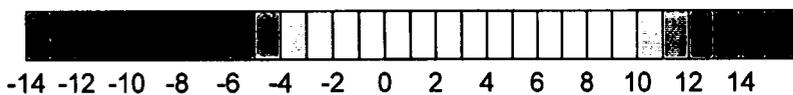
b) Apr 2020



c) Jul 2020



d) Oct 2020

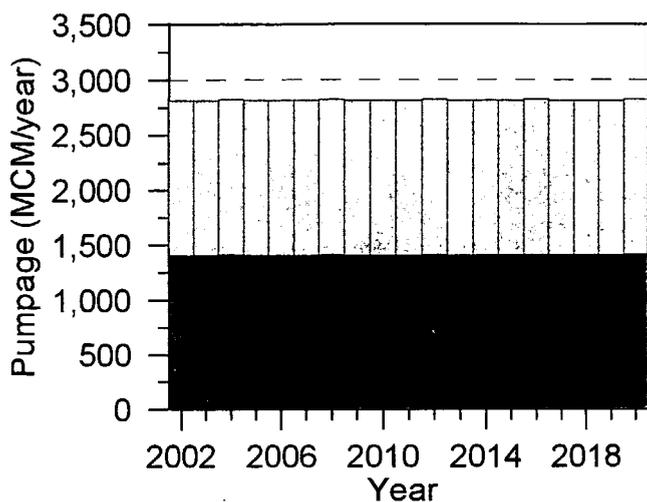


Simulated Piezometric Head in Layer-3
(Unit: m above sea level)

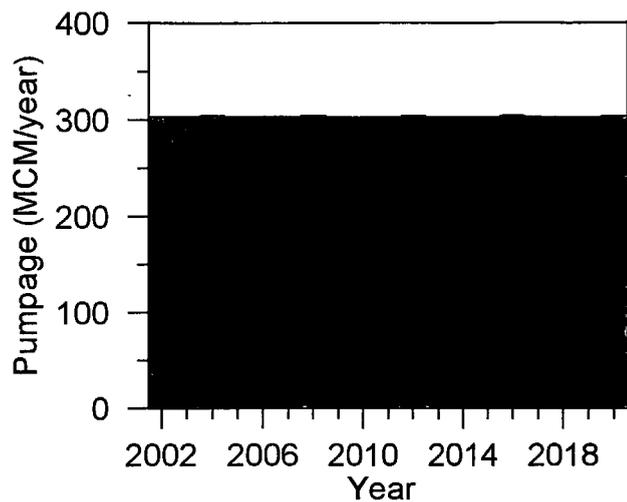
図8.2.19 ケース-1、シナリオ-1による
計算被圧水頭分布(2020年、Layer-3)

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

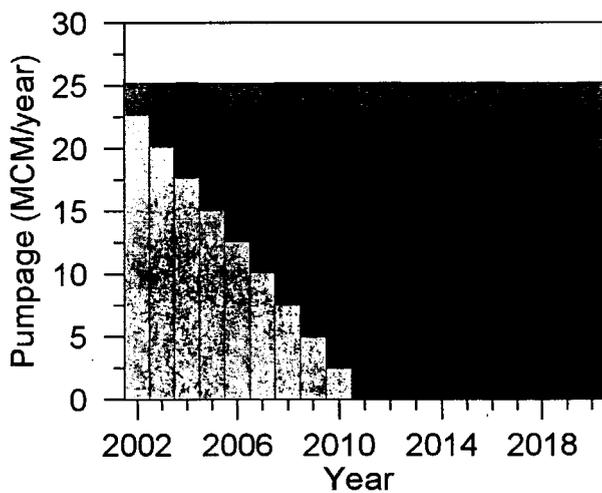
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



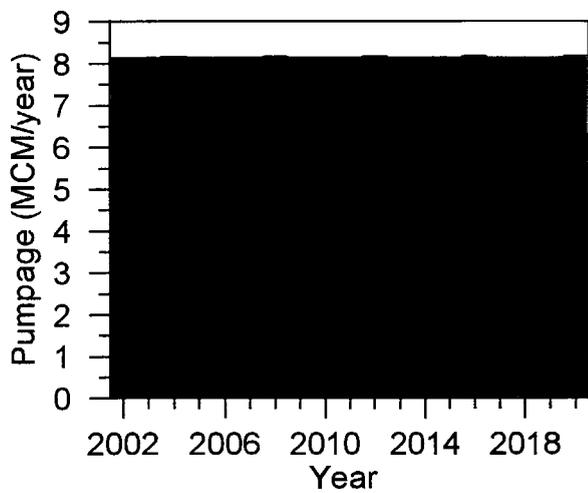
a) AG-STW



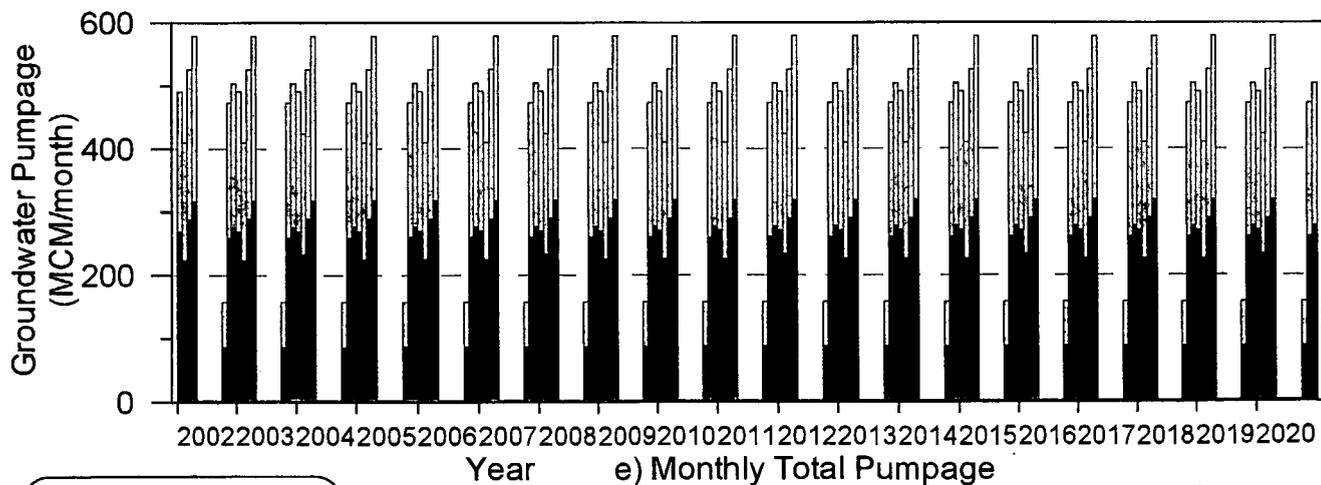
b) AG-DTW



c) DM-STW



d) DM-DTW



e) Monthly Total Pumpage

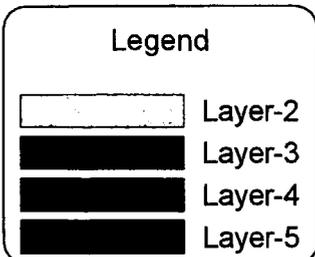
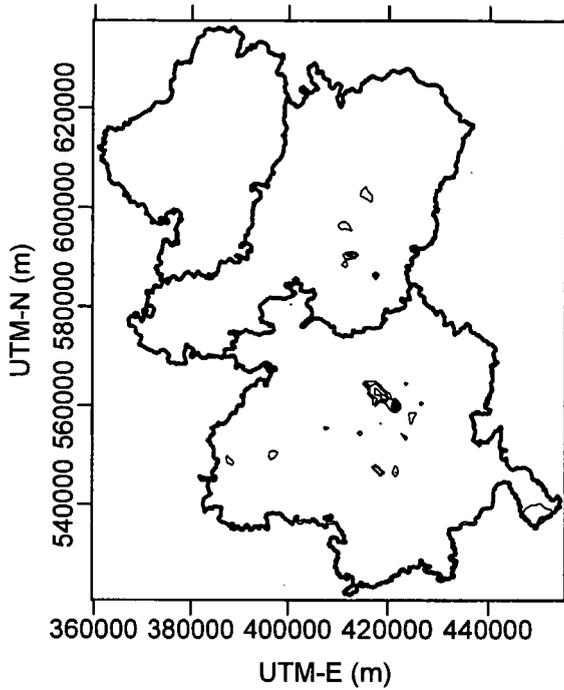
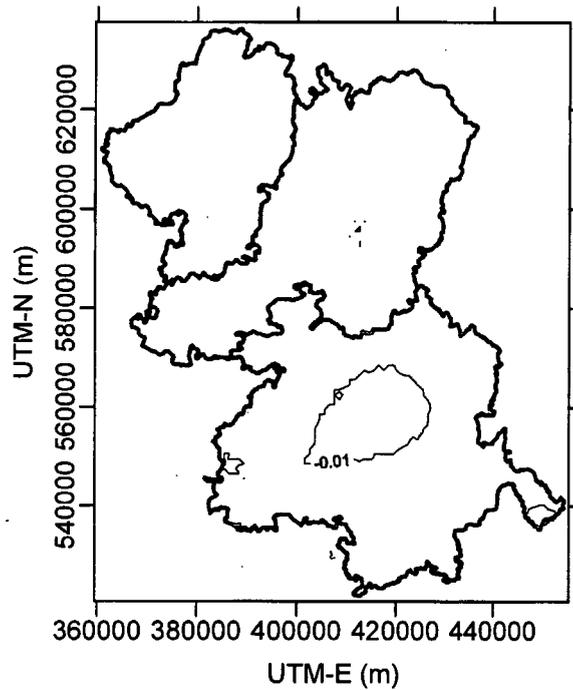


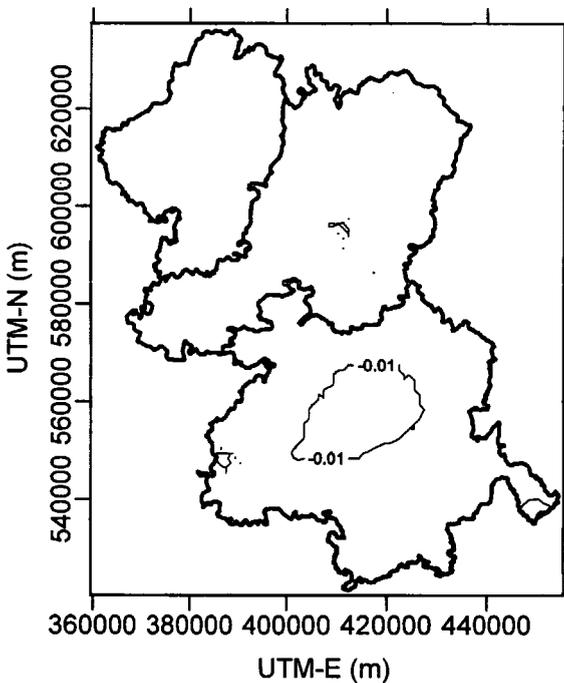
図8.2.20 ケース-2、シナリオ-1による 将来地下水揚水量
 THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



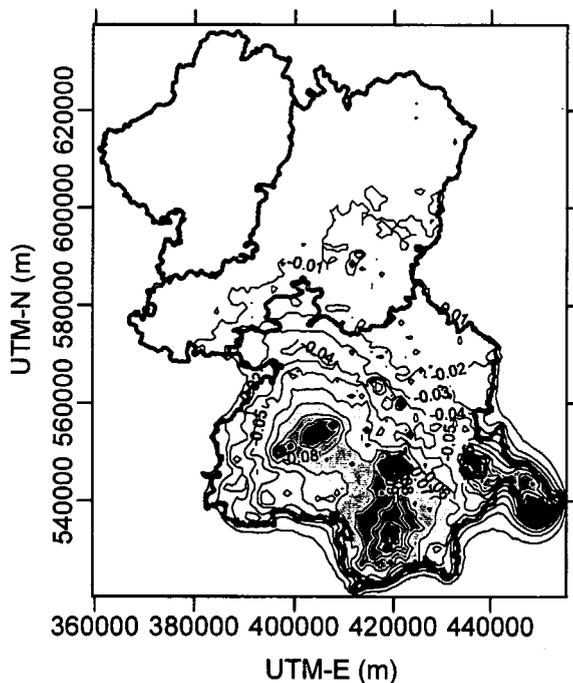
a) Layer-2, Apr 2020



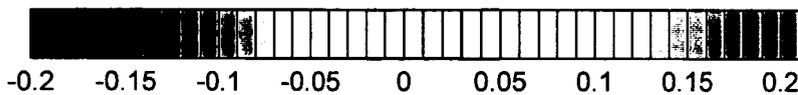
b) Layer-3, Apr 2020



c) Layer-4, Apr 2020



d) Layer-5, Apr 2020



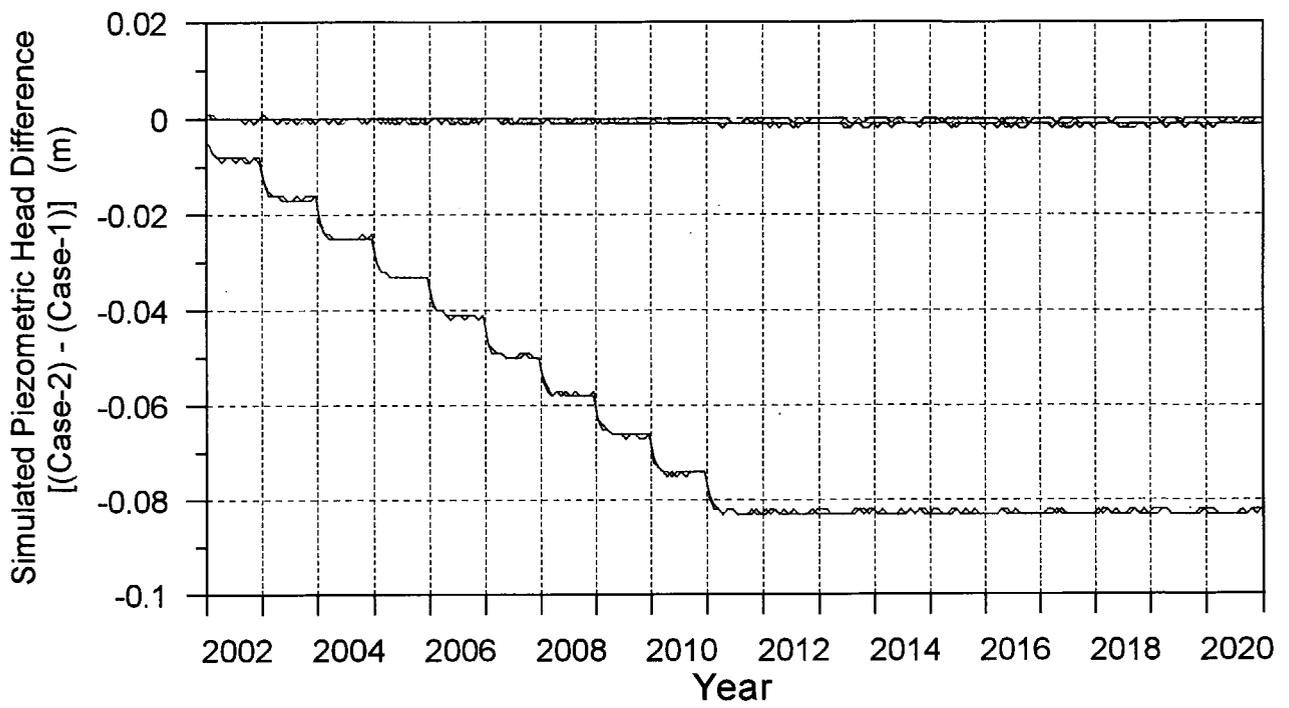
Simulated Piezometric Head Difference between Case-1 and Case-2, Scenario-1 (Unit: m)

図8.2.21

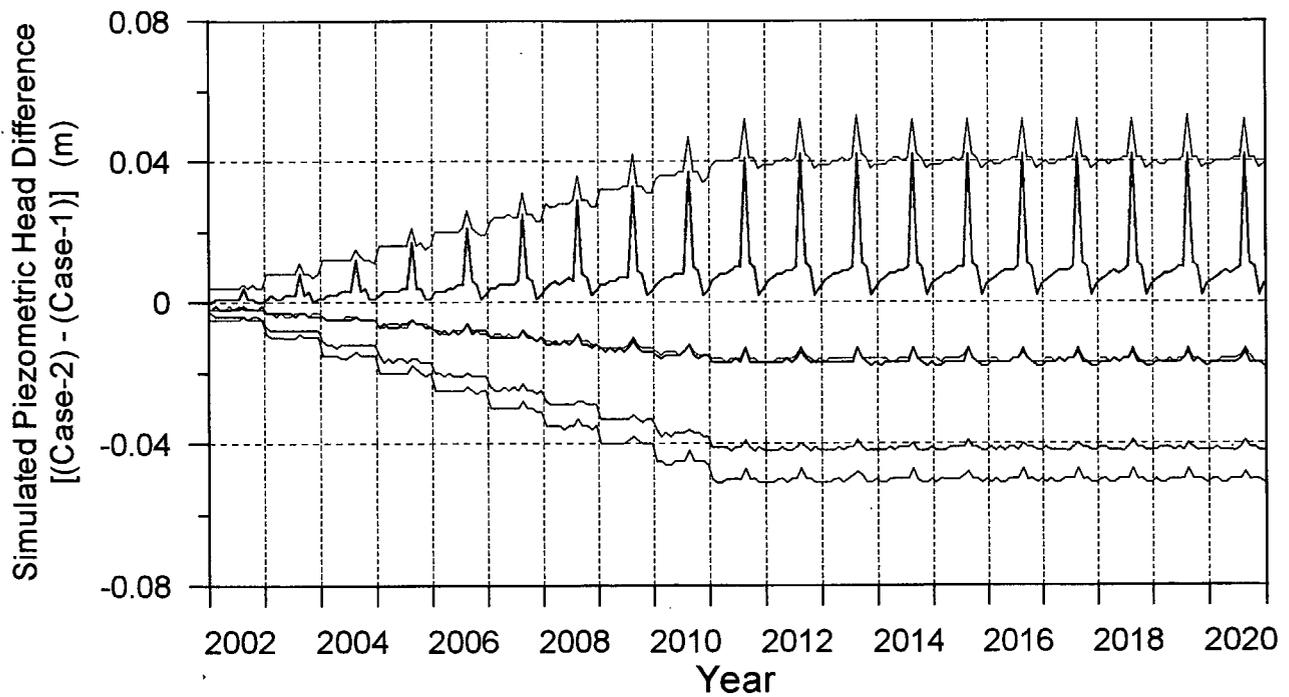
シナリオ1におけるケース1と
ケース2の計算水頭差(2020年4月)

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



a) Rajnagar Bankabarsi, Keshabpur



b) Jessore Pourashava

LEGEND	
—	Layer-1
—	Layer-2
—	Layer-3
—	Layer-4
—	Layer-5
—	Layer-6

図8.2.22	シナリオ-1におけるケース-1と ケース-2の計算水頭差(ジェソール県)
	THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH
	JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

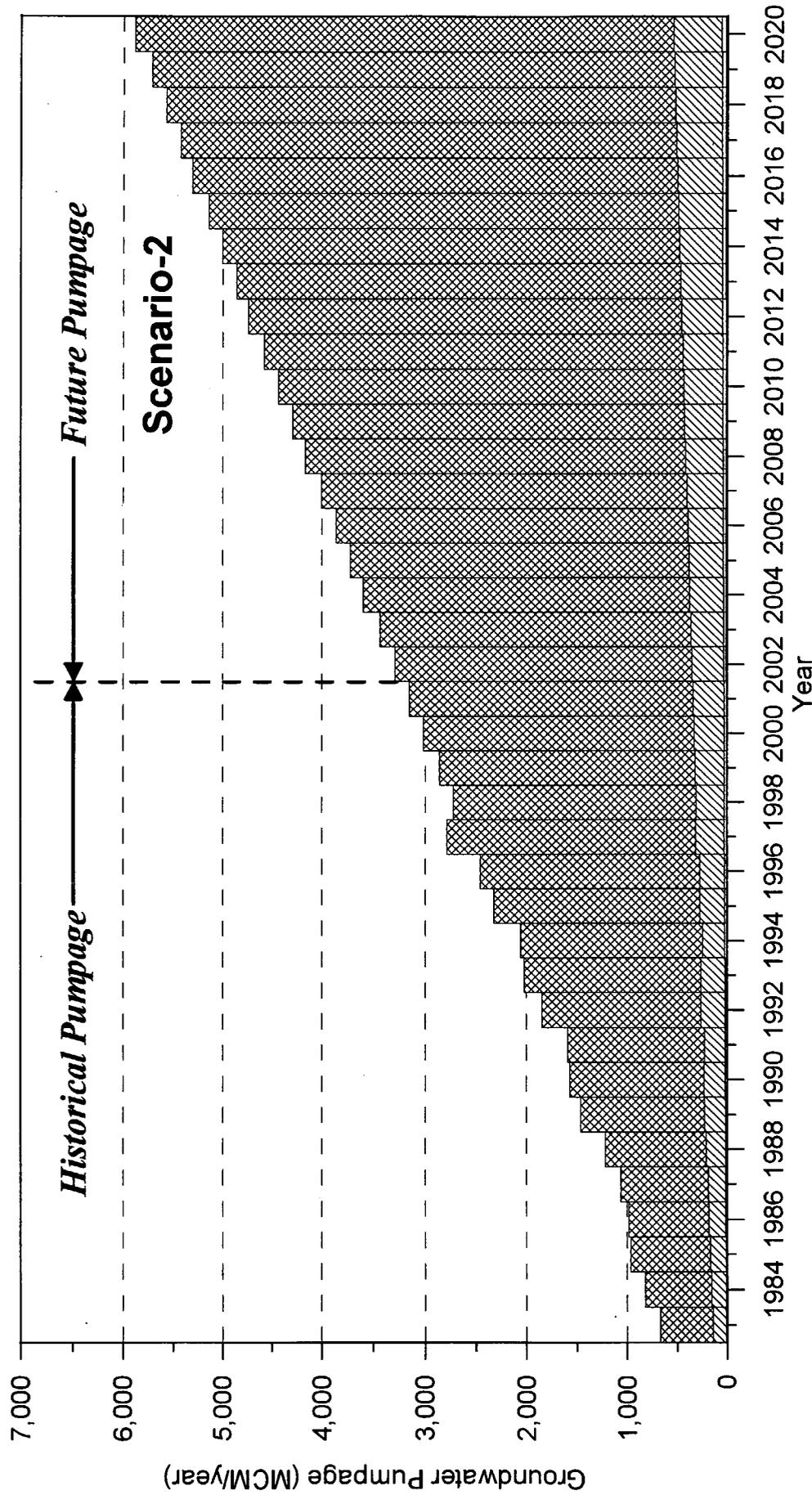
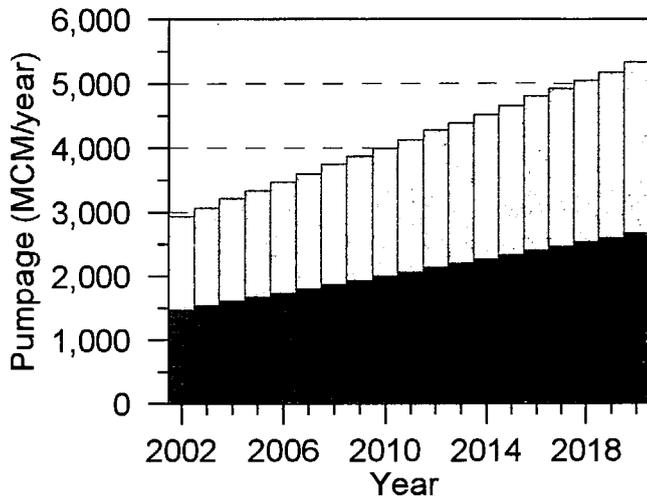


図8.2.23

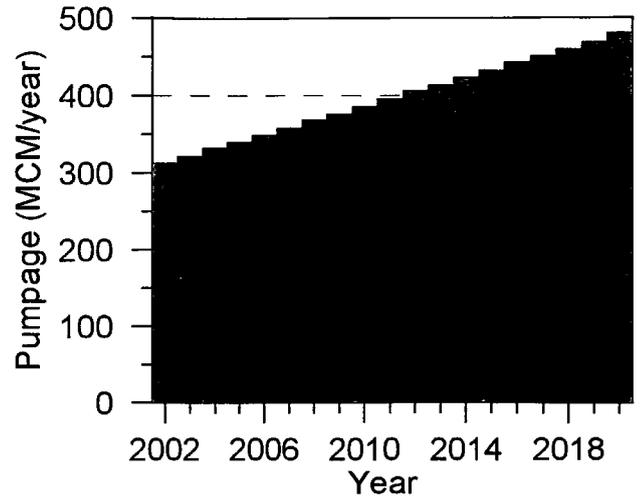
シナリオ-2による将来地下水揚水量

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

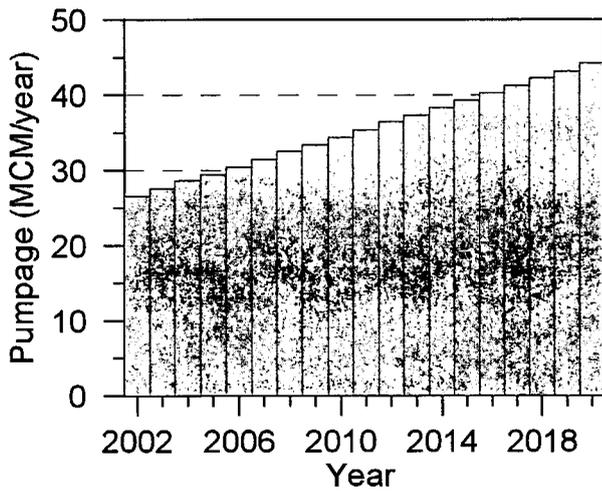
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



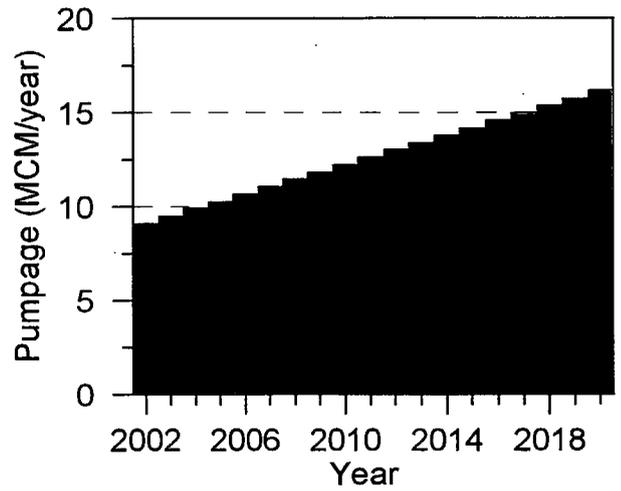
a) AG-STW



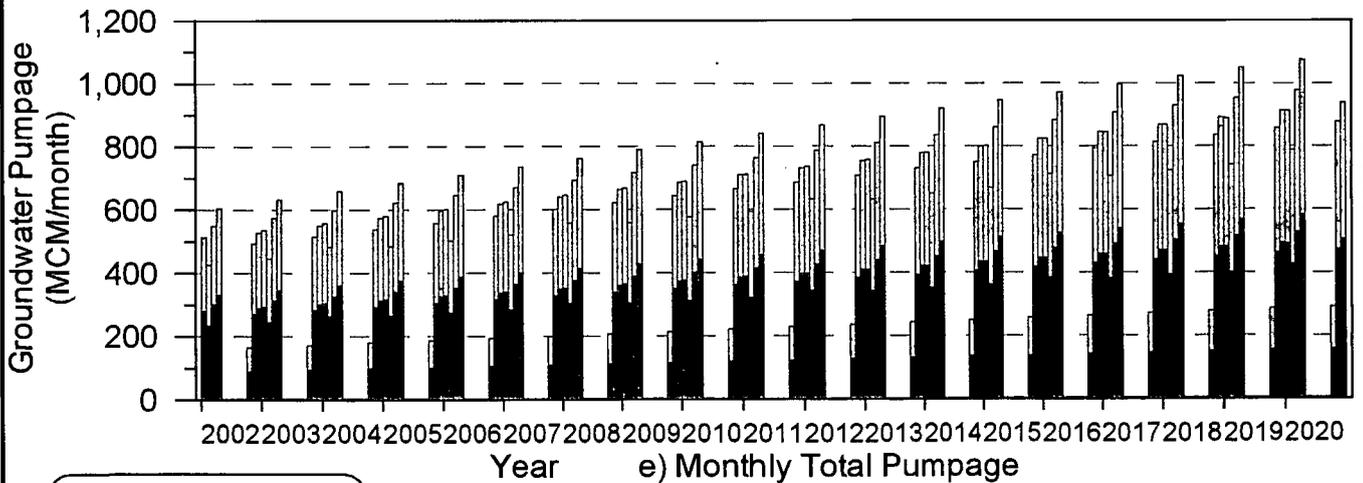
b) AG-DTW



c) DM-STW



d) DM-DTW



e) Monthly Total Pumpage

Legend.

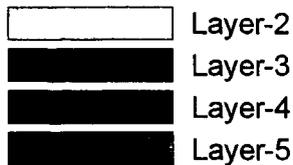
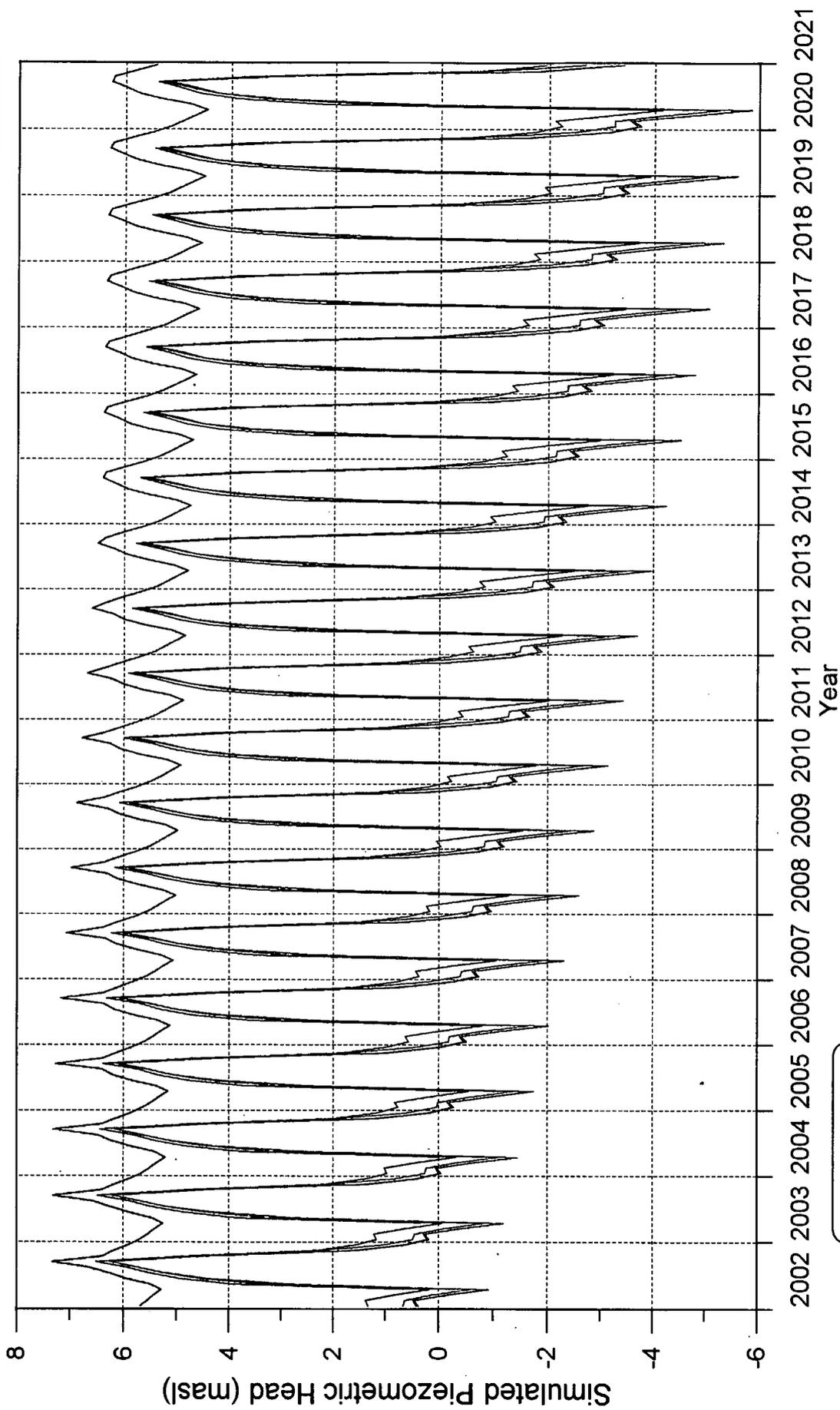


図8.2.24

ケース-1、シナリオ-2による
将来地下水揚水量

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



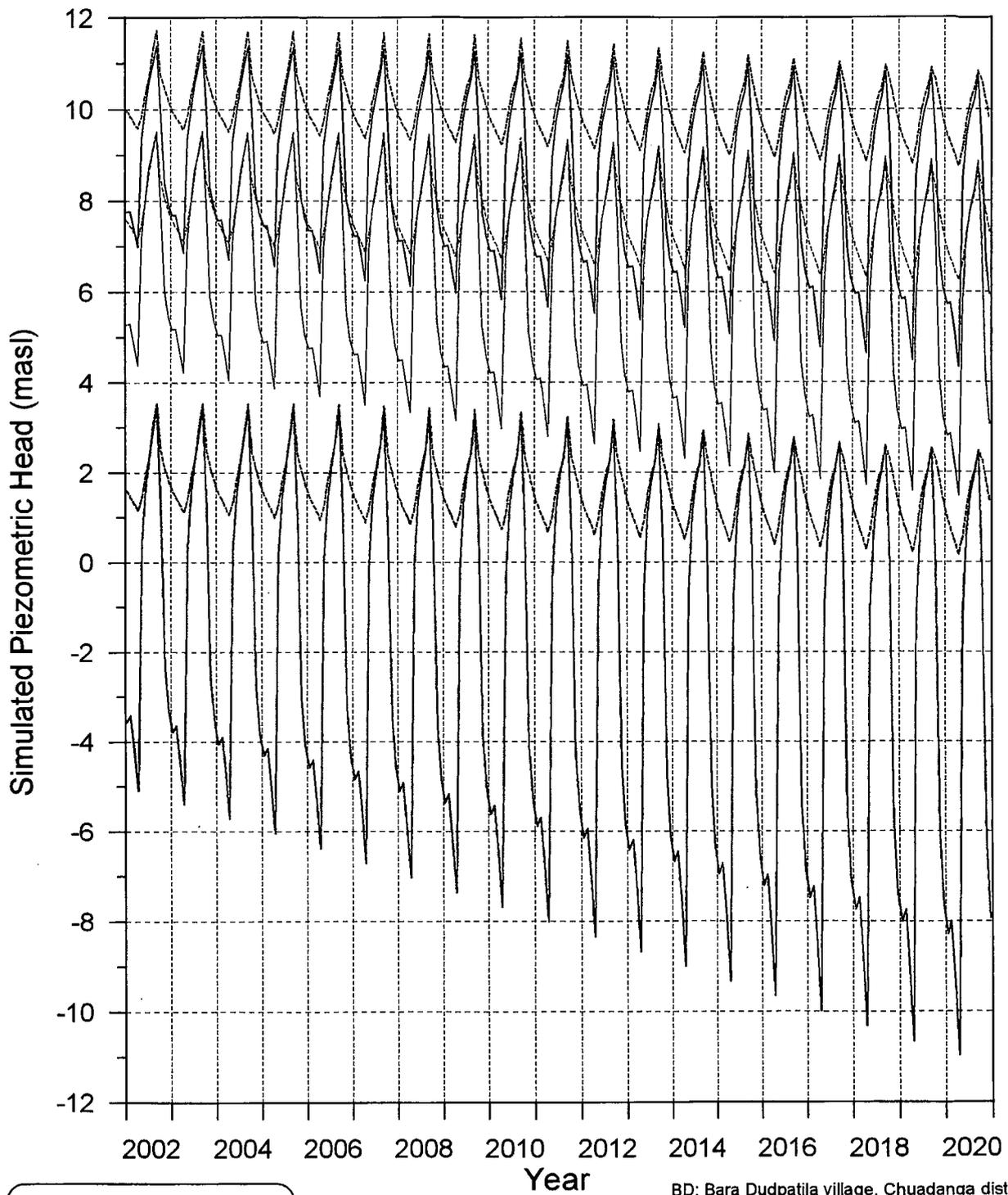
LEGEND

—	Layer-1
—	Layer-2
—	Layer-3
—	Layer-4
—	Layer-5
—	Layer-6

図 8.2.25 2002年から2020年までの計算水頭
(ジェソール・ポルシヤヴァ、ケースー1、シナリオー2)

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

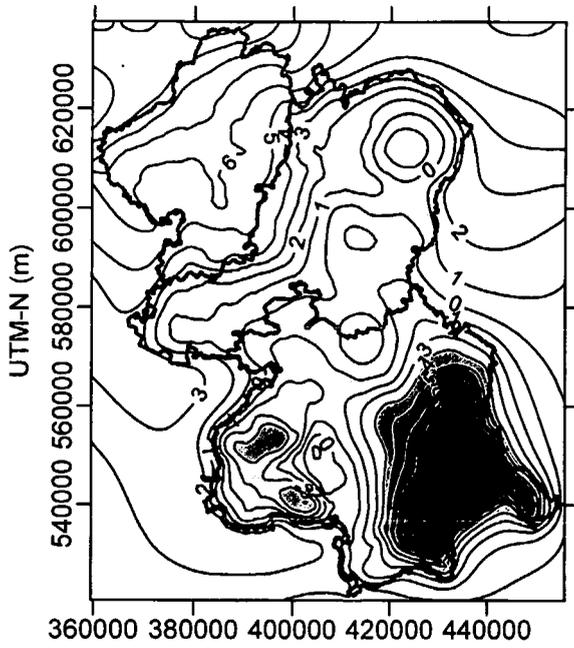
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



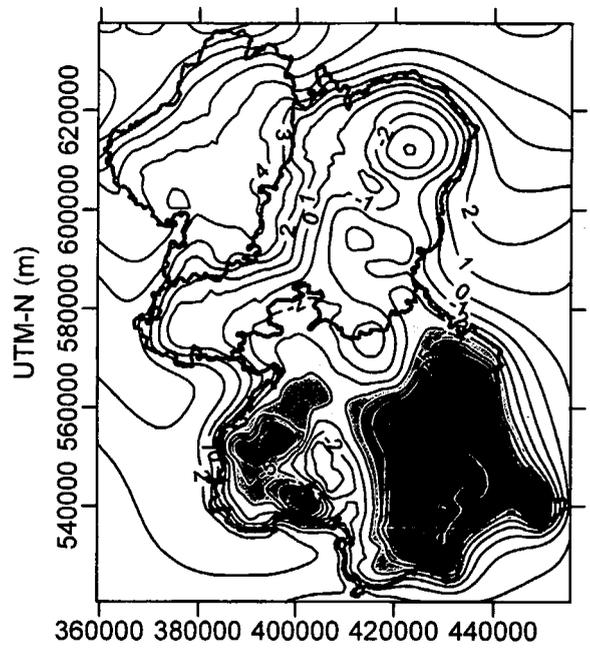
LEGEND	
-----	BD Layer-1
-----	BD Layer-2
-----	KC Layer-1
-----	KC Layer-2
-----	RB Layer-1
-----	RB Layer-2

BD: Bara Dudpatila village, Chuadanga district
 KC: Krishna Chandrapur village, Jhenaidah district
 RB: Rajnagar Bankabarsi village, Jessore district

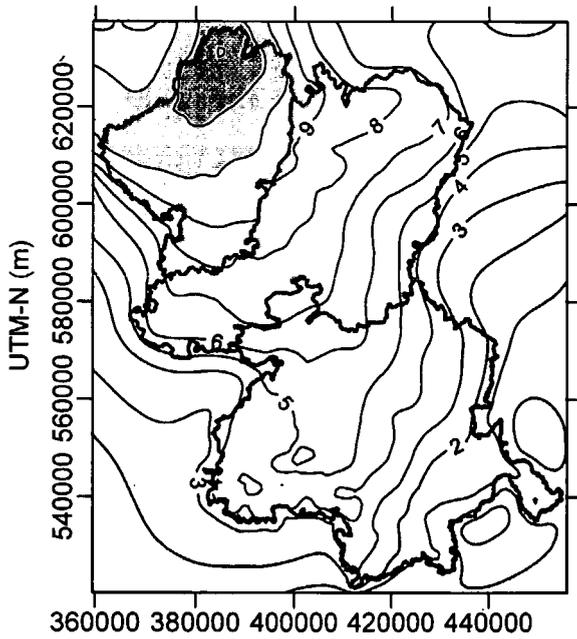
図8.2.26	モデル村落における2002年から2020年 までの計算水頭(ケース-1、シナリオ-2)
THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	



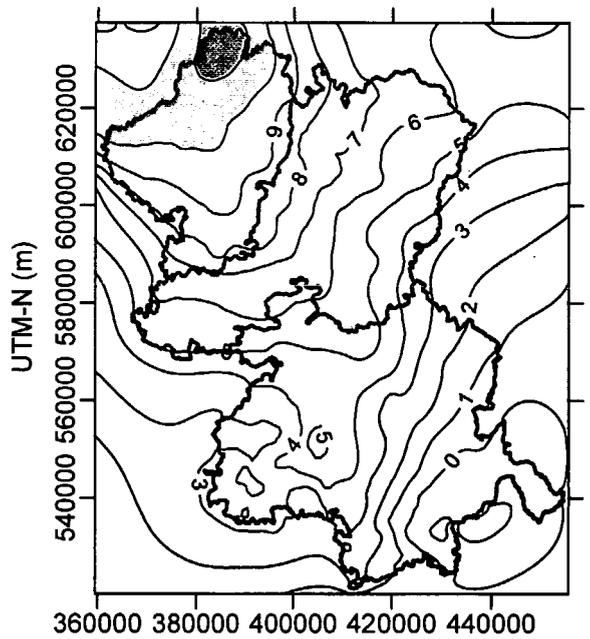
UTM-E (m)
a) Jan 2020



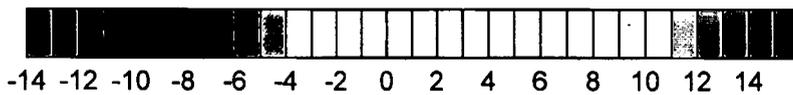
UTM-E (m)
b) Apr 2020



UTM-E (m)
c) Jul 2020



UTM-E (m)
d) Oct 2020



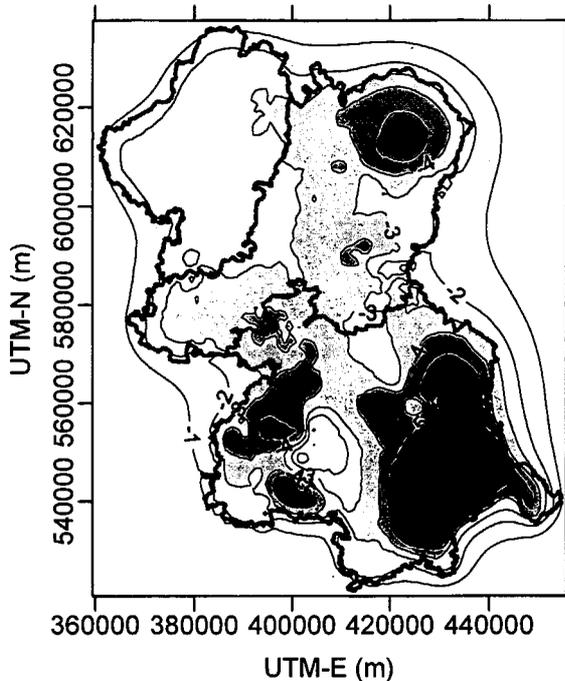
Simulated Piezometric Head
in Layer-3
(Unit: m above sea level)

図8.2.27

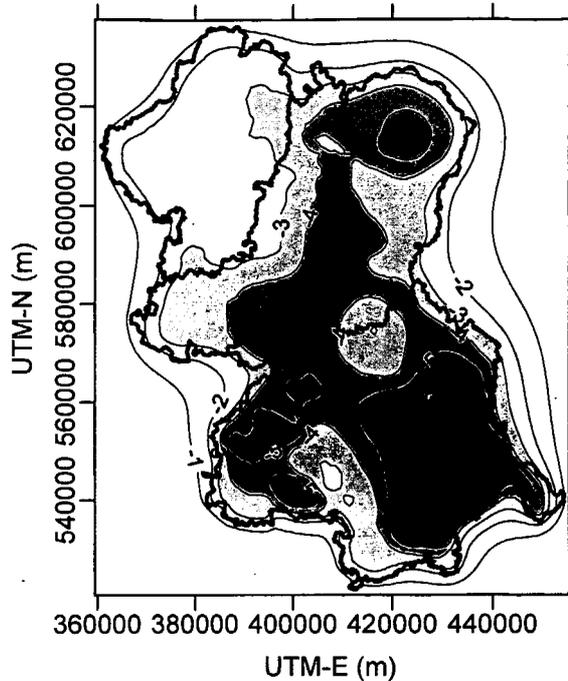
ケースー1、シナリオー2による
計算被圧水頭分布(2020年、Layer-3)

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

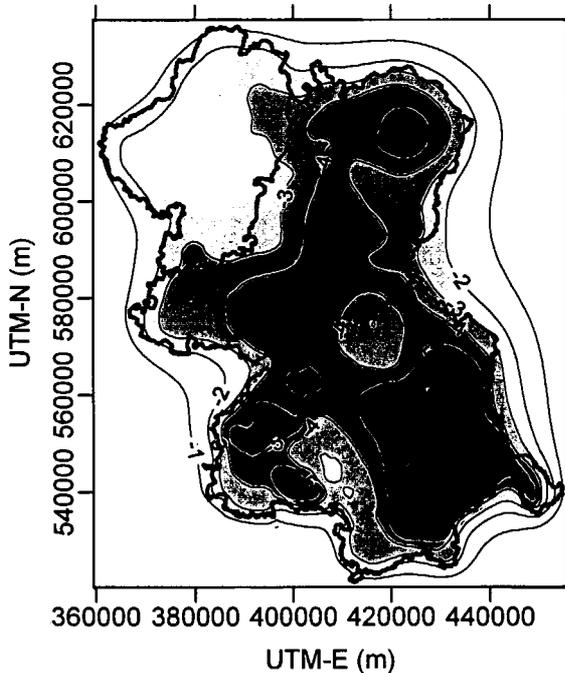
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



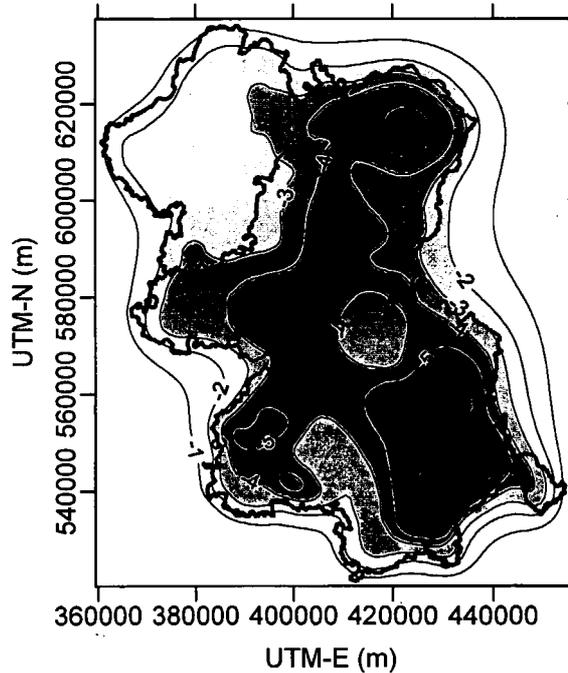
a) Layer-2, Apr 2020



b) Layer-3, Apr 2020



c) Layer-4, Apr 2020



d) Layer-5, Apr 2020



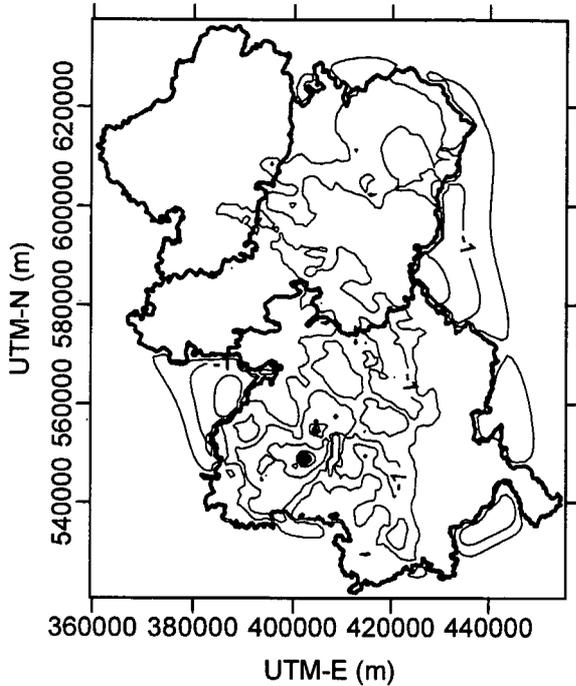
**Simulated Piezometric Head Difference
between Case-1, Scenario-1
and Case-1, Scenario-2**

図8.2.28

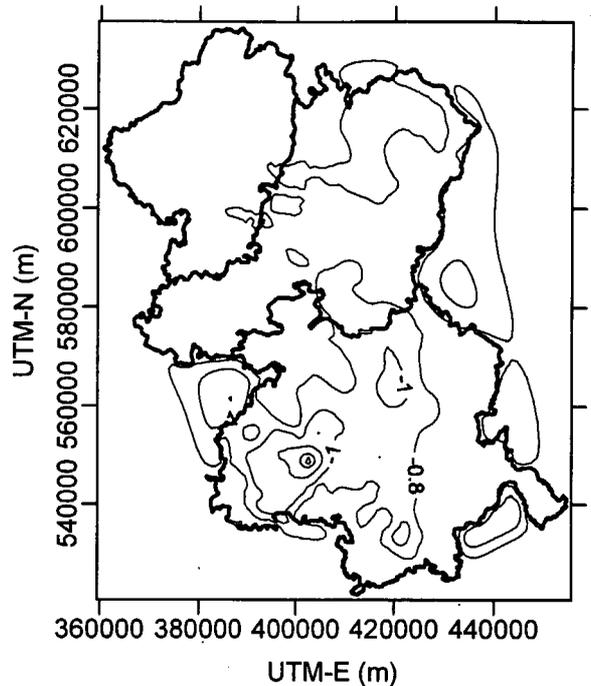
**2020年4月におけるケースー1、シナリオー1と
ケースー1、シナリオー2の計算水頭差**

**THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH**

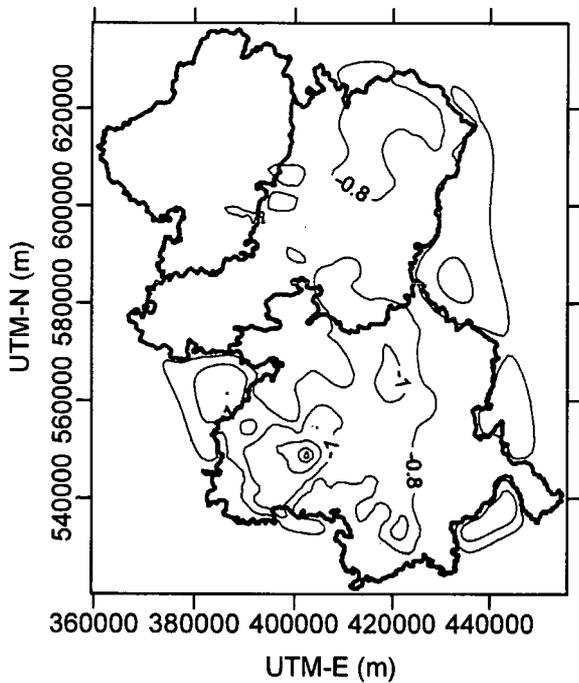
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



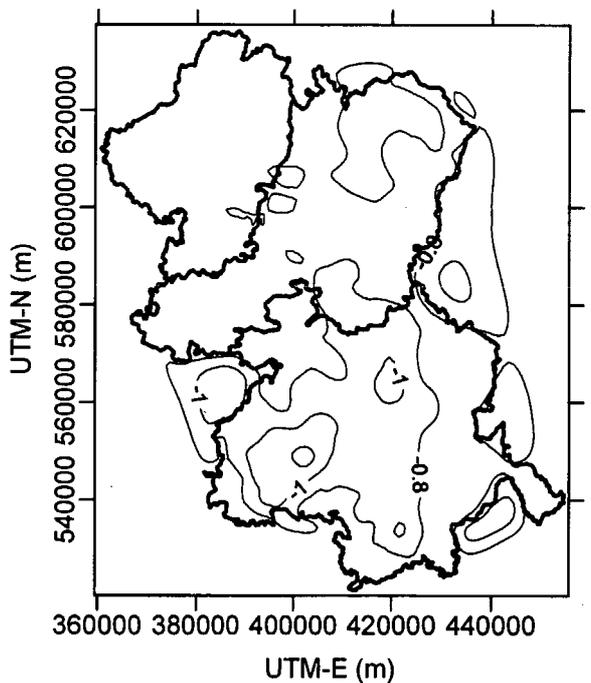
a) Layer-2, Sep 2020



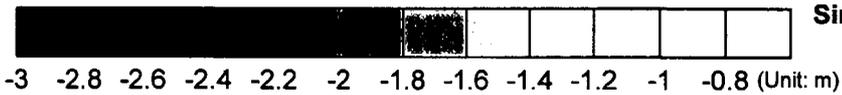
b) Layer-3, Sep 2020



c) Layer-4, Sep 2020



d) Layer-5, Sep 2020



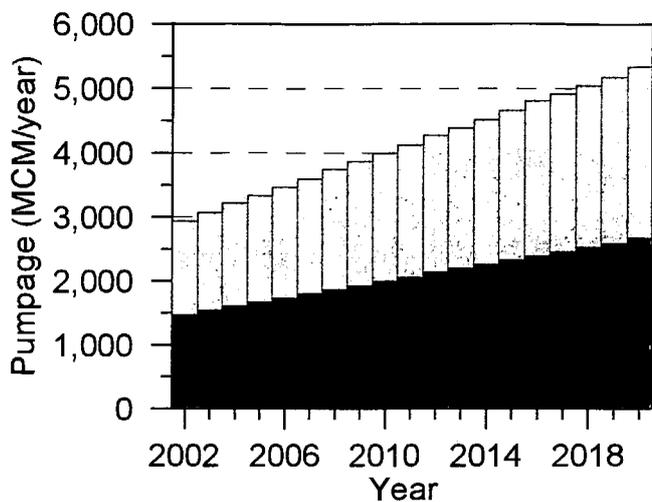
Simulated Piezometric Head Difference between Case-1, Scenario-1 and Case-1, Scenario-2

図8.2.29

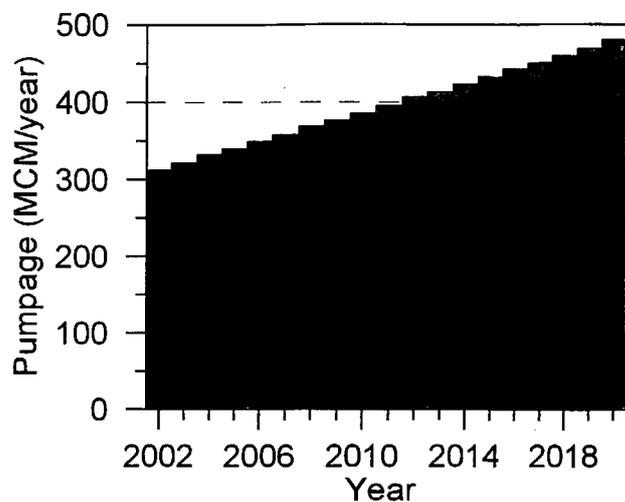
2020年9月におけるケースー1、シナリオー1とケースー1、シナリオー2の計算水頭差

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

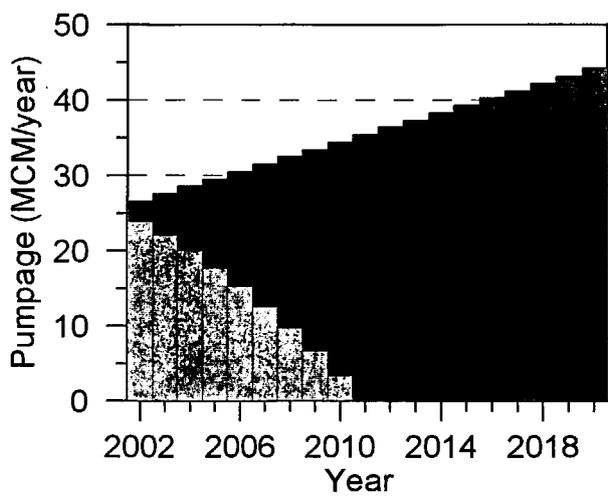
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



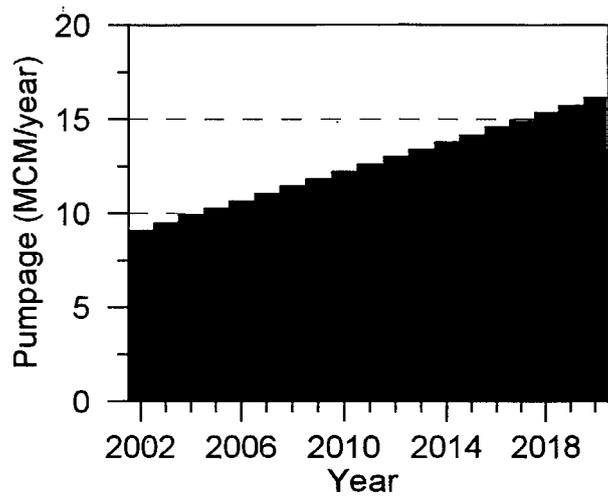
a) AG-STW



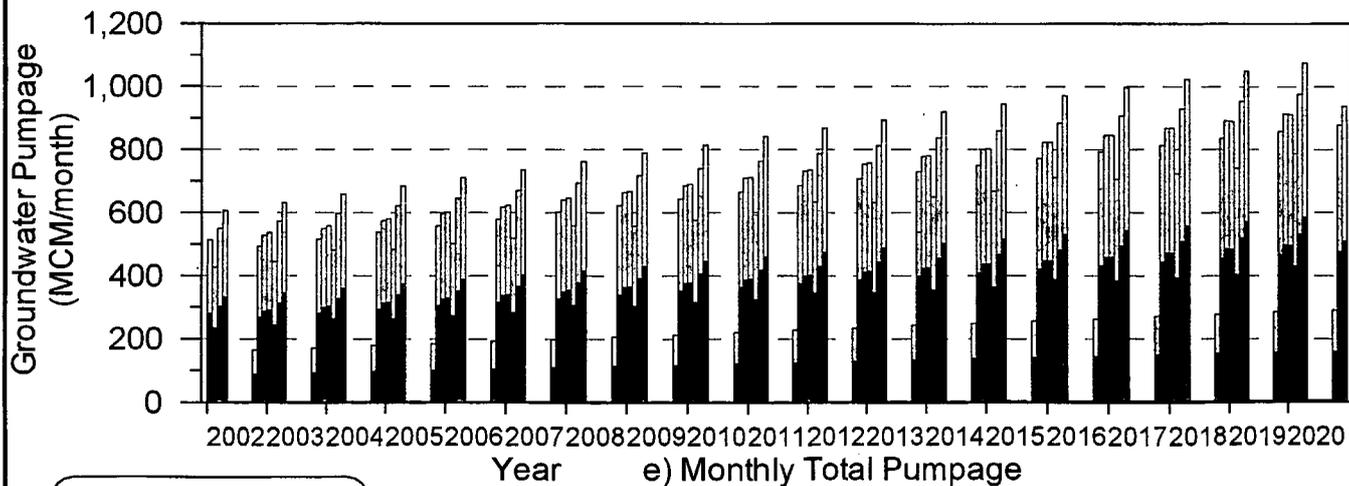
b) AG-DTW



c) DM-STW



d) DM-DTW



e) Monthly Total Pumpage

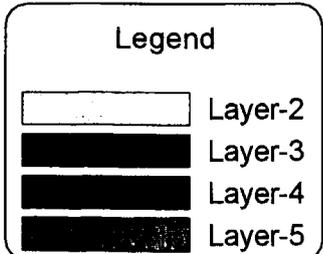
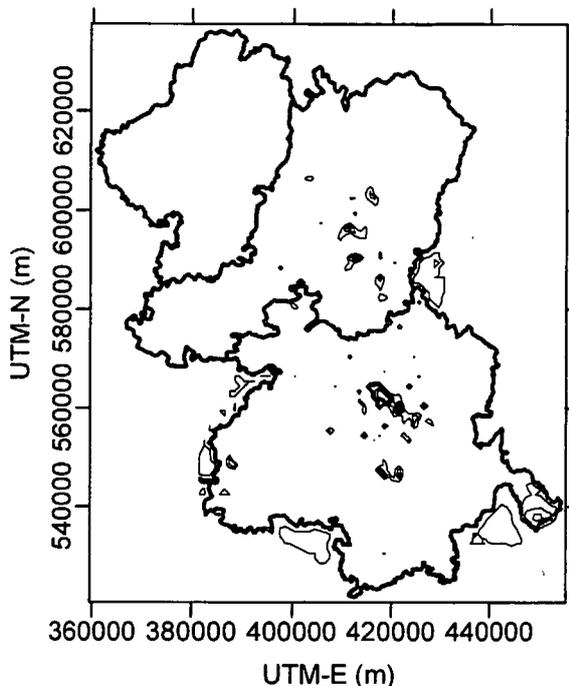
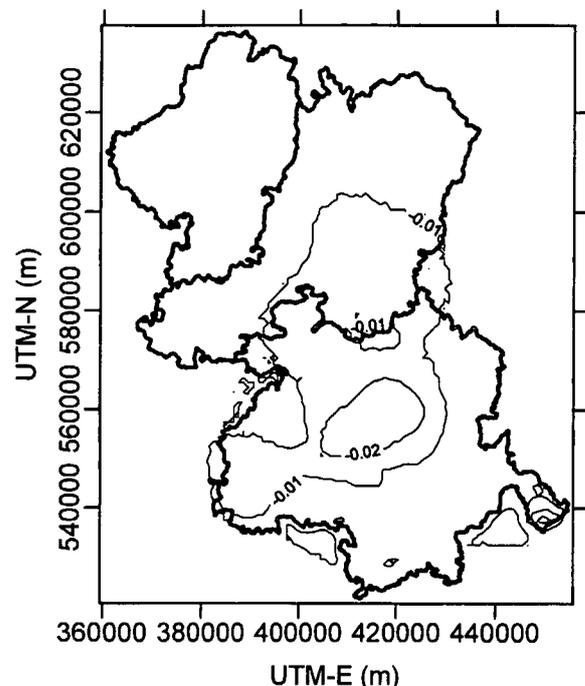


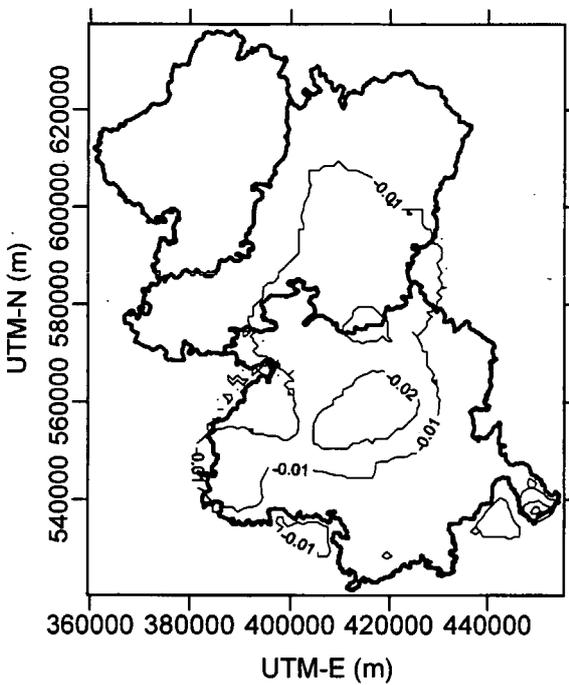
図8.2.30 ケース-2、シナリオ-2による将来地下水揚水量
THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)



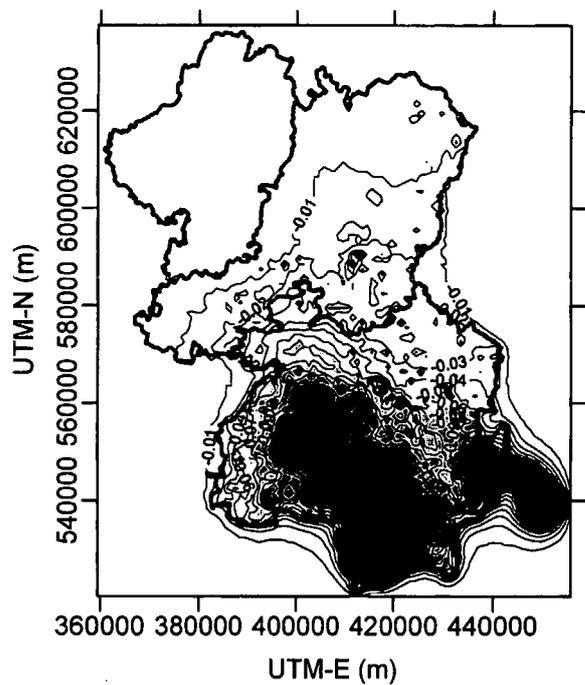
a) Layer-2, Apr 2020



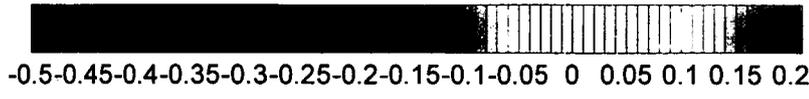
b) Layer-3, Apr 2020



c) Layer-4, Apr 2020

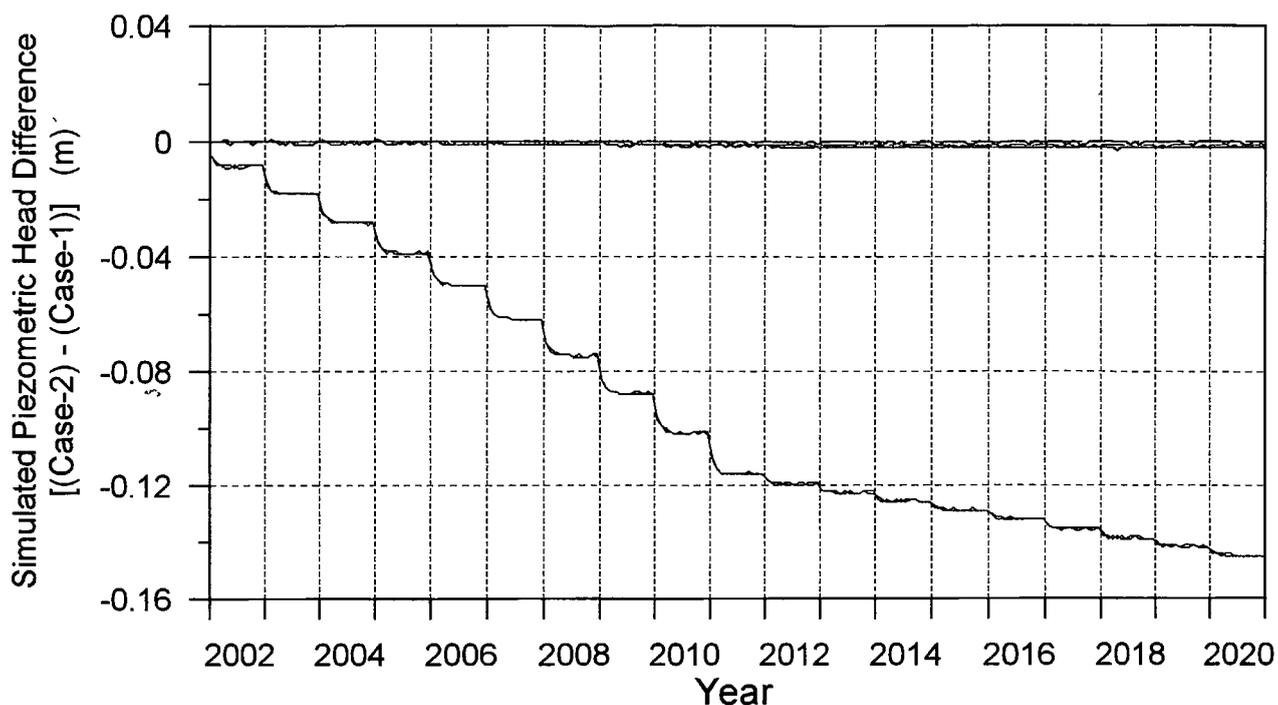


d) Layer-5, Apr 2020

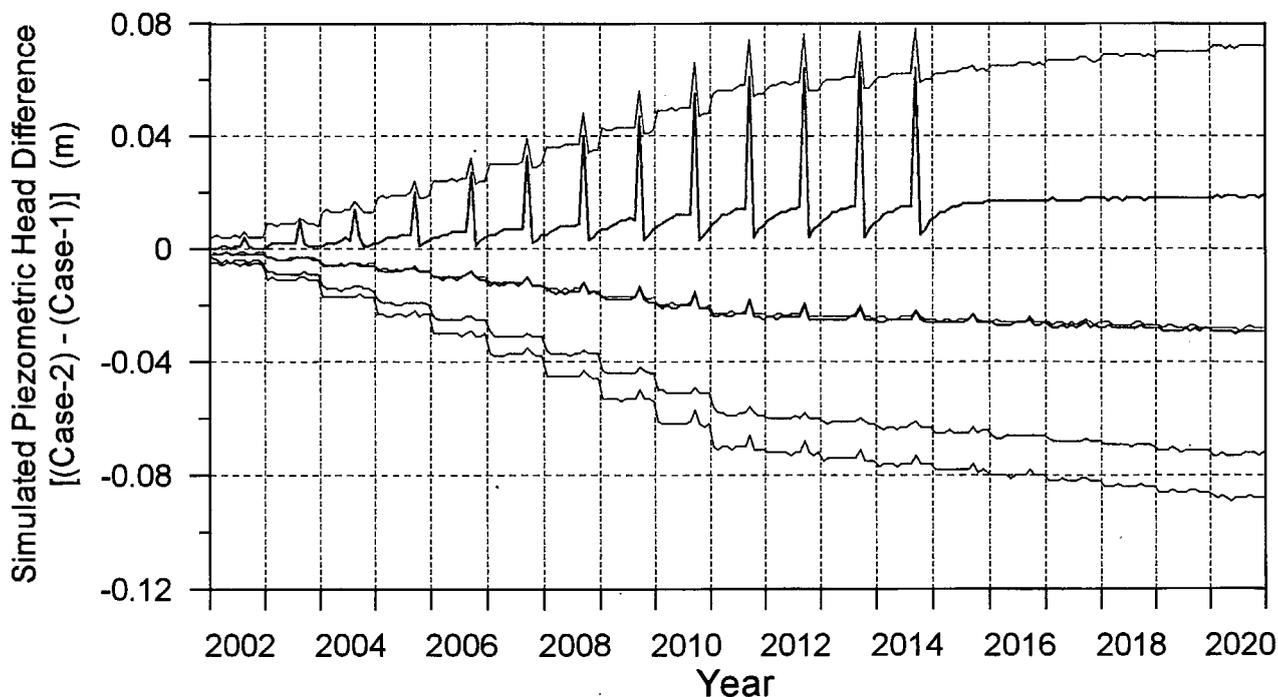


Simulated Piezometric Head Difference between Case-1 and Case-2, Scenario-2 (Unit: m)

図8.2.31	シナリオ-2におけるケース-1と ケース-2の計算水頭差(2020年4月)
THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	



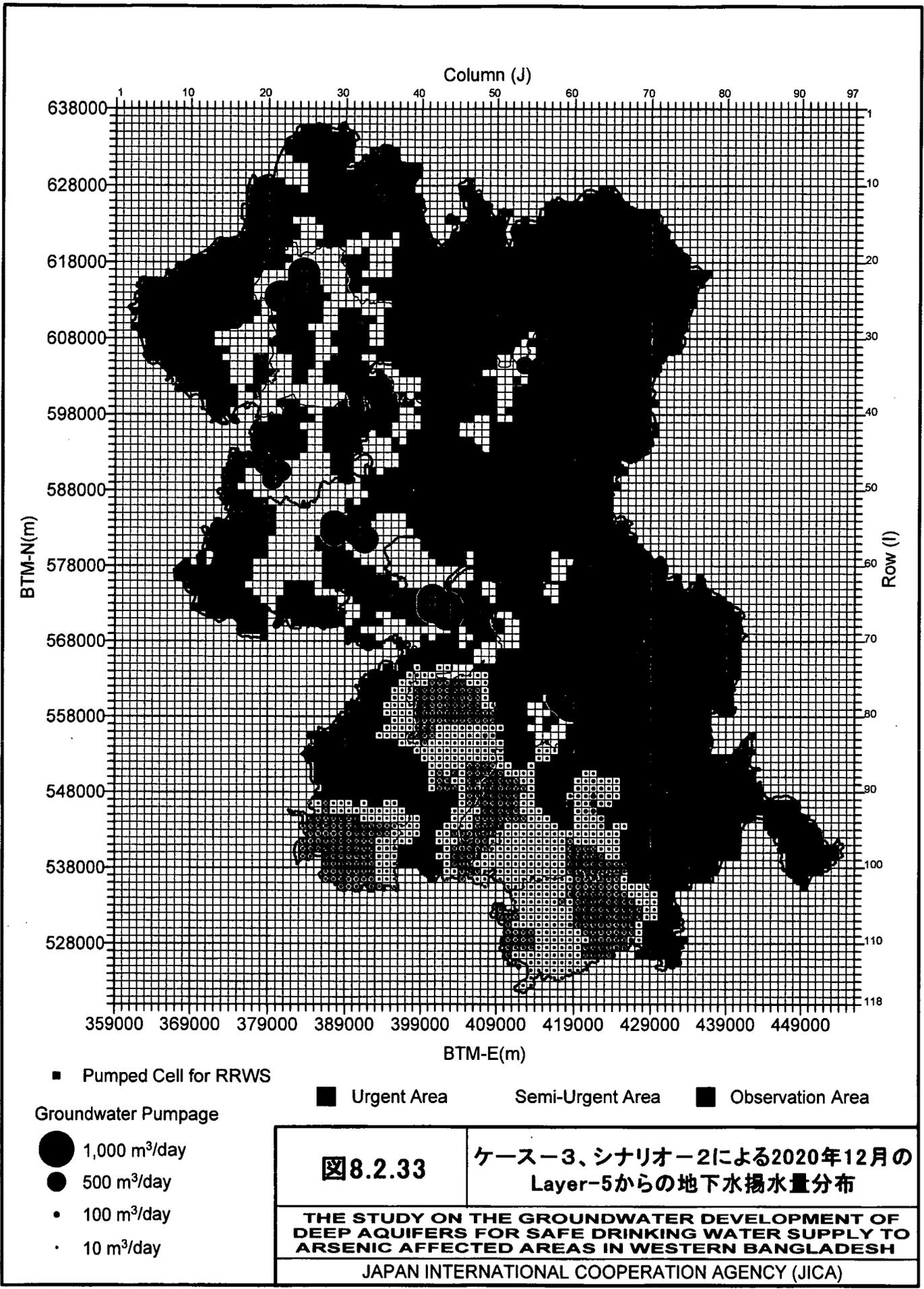
a) Rajnagar Bankabarsi, Keshabpur

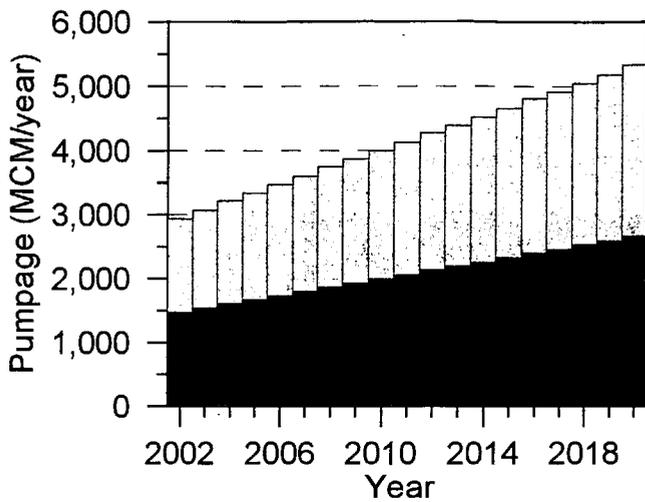


b) Jessore Pourashava

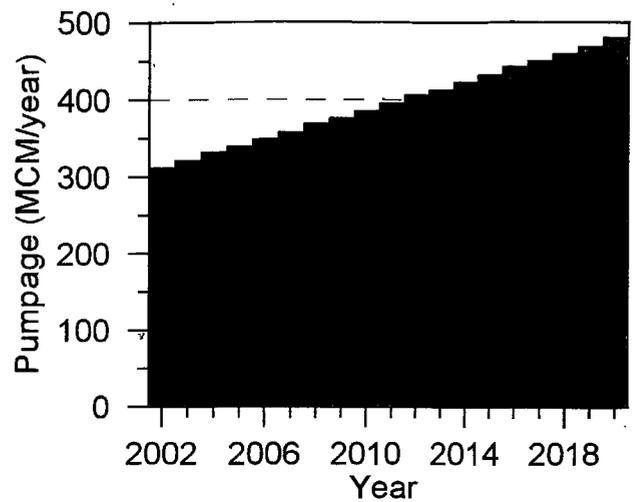
LEGEND	
—	Layer-1
—	Layer-2
—	Layer-3
—	Layer-4
—	Layer-5
—	Layer-6

図8.2.32	シナリオ-2におけるケース-1と ケース-2の計算水頭差(ジェソール県)
	THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH
	JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

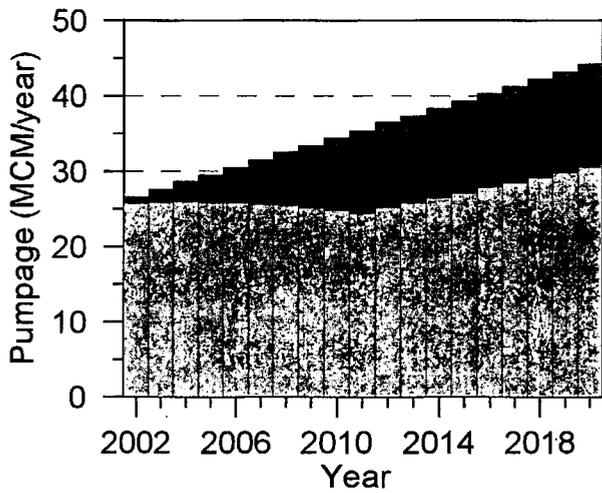




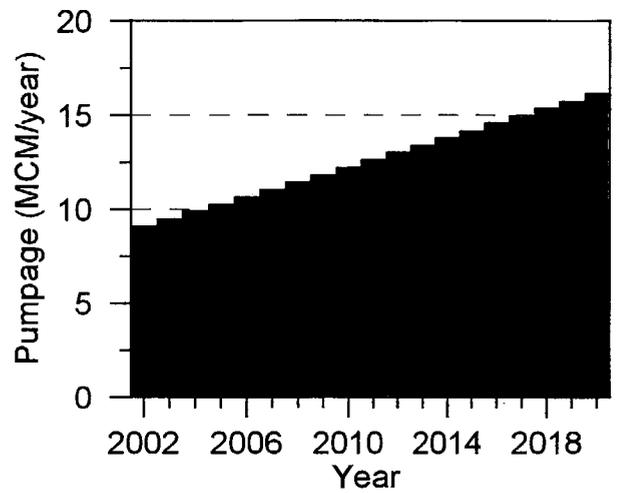
a) AG-STW



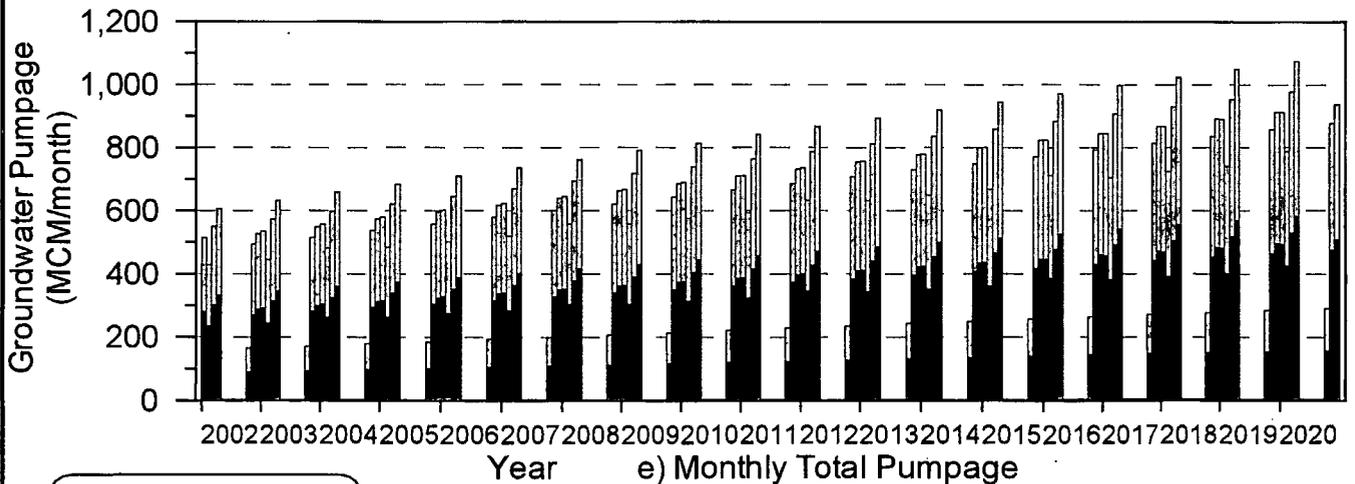
b) AG-DTW



c) DM-STW



d) DM-DTW



e) Monthly Total Pumpage

Legend

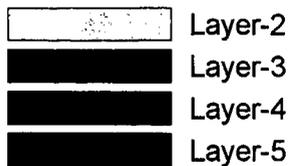


図8.2.34

ケース-3、シナリオ-2による
将来地下水揚水量

THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF
DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO
ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)