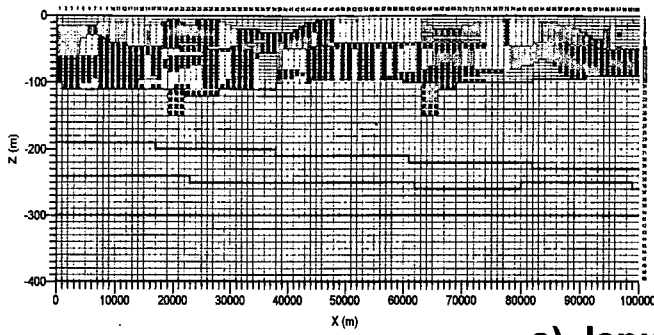
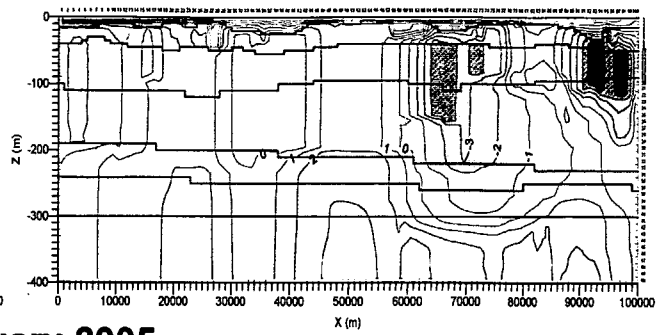


Groundwater Pumpage

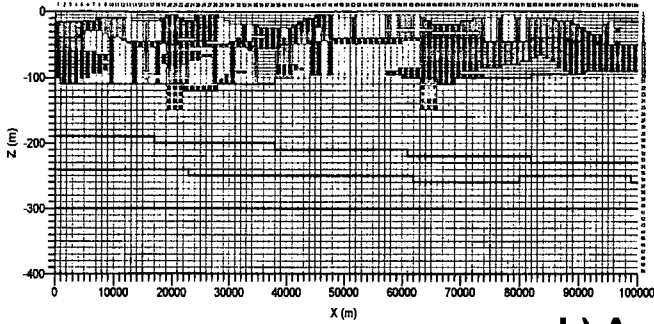


Simulated Piezometric Heads

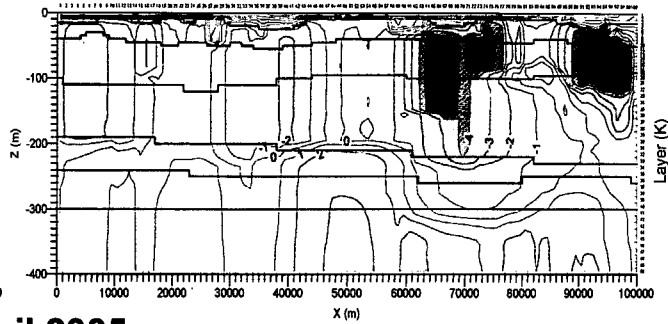


a) January 2005

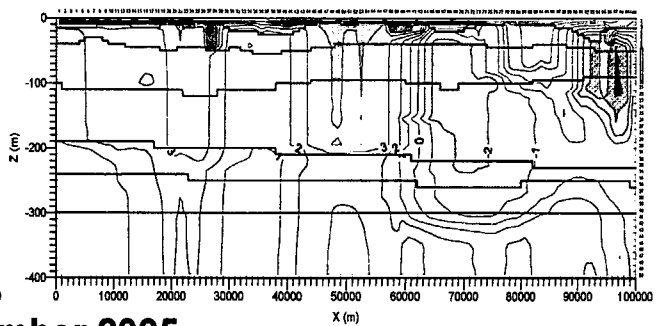
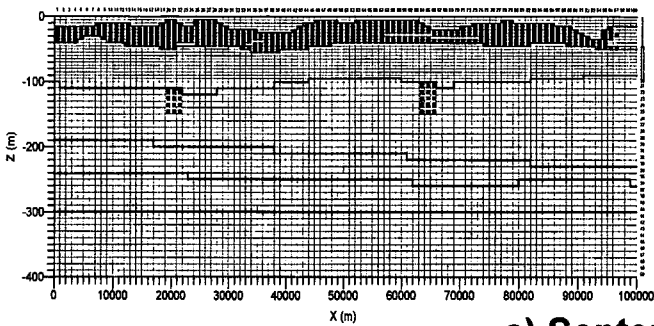
Column (J)



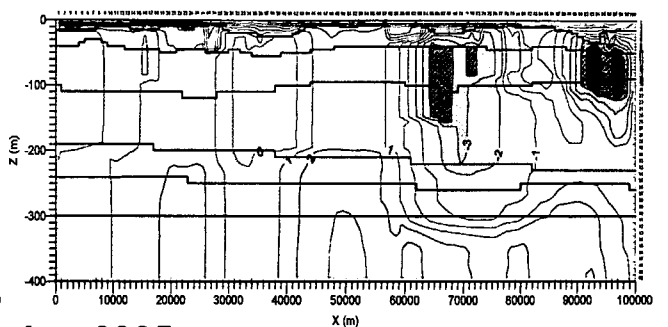
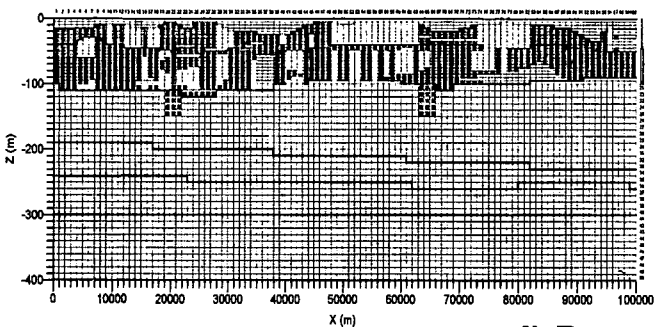
Column (J)



b) April 2005



c) September 2005



d) December 2005

Groundwater Pumpage per Cell
(Unit: m³/day)

- 0.1 to 50
- 50 to 100
- 100 to 200
- 200 to 300
- 300 to 500
- 500 to 1000
- 1000 to 2000

Simulated Piezometric Head (masl)

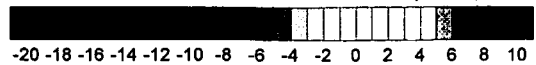


図8.2.55

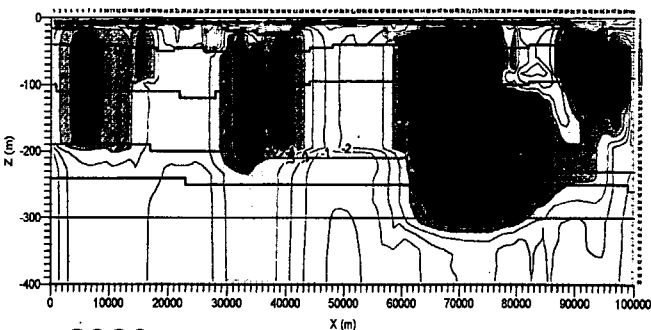
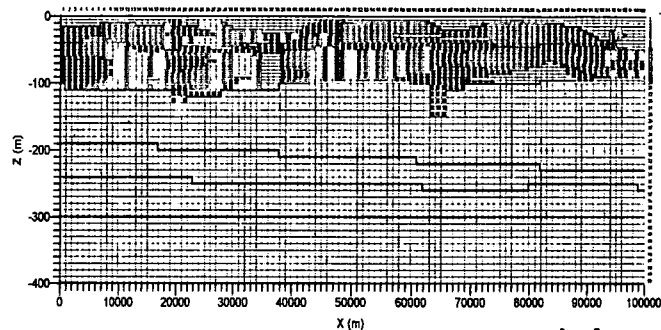
2005年の地下水揚水量と計算被圧水頭の断面分布(ケース-1、シナリオ-2)

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)

Groundwater Pumpage

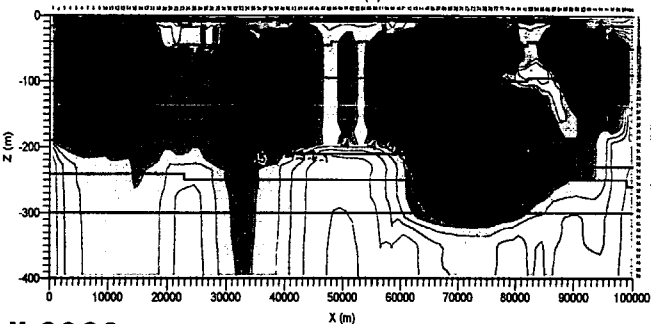
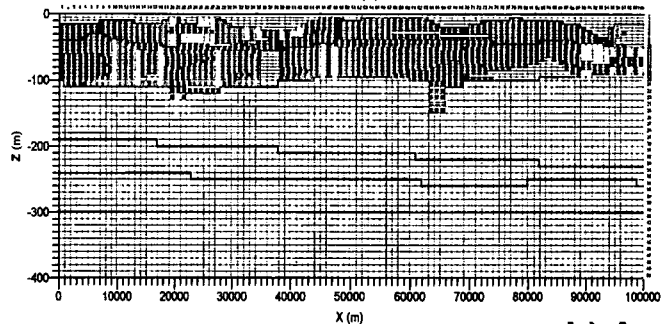
Simulated Piezometric Heads



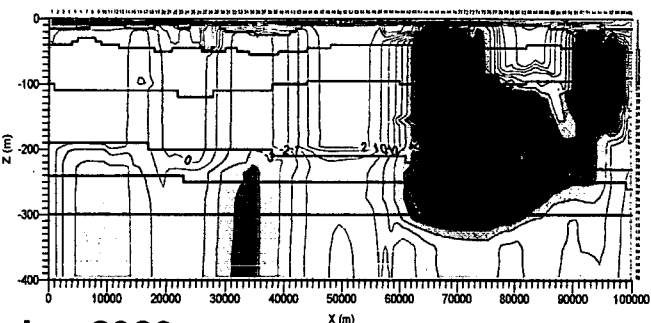
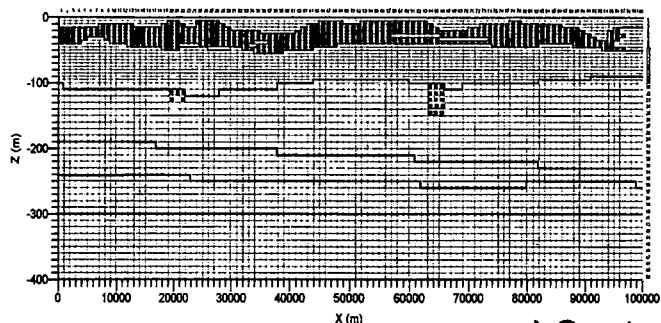
a) January 2020

Column (J)

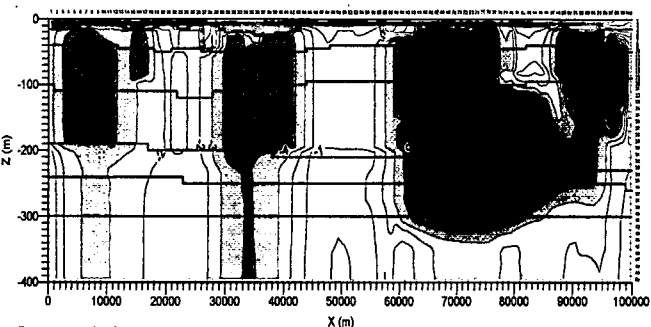
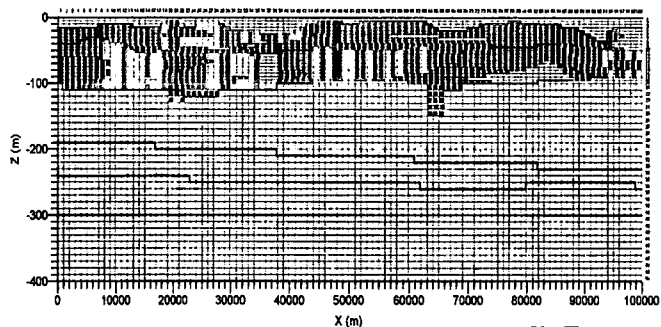
Column (J)



b) April 2020



c) September 2020



d) December 2020

Groundwater Pumpage per Cell
(Unit: m³/day)

- 0.1 to 50
- 50 to 100
- 100 to 200
- 200 to 300
- 300 to 500
- 500 to 1000
- 1000 to 2000

Simulated Piezometric Head (masl)



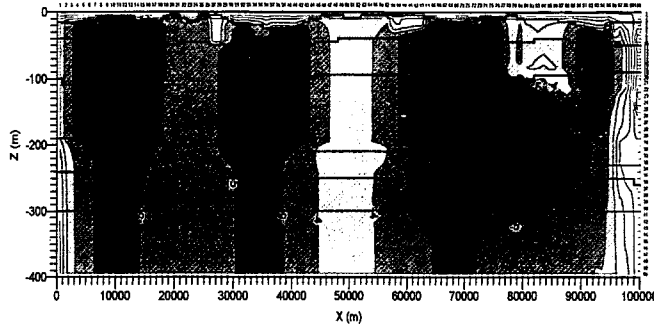
図8.2.56

2020年の地下水揚水量と計算被圧水頭の断面分布(ケース-1、シナリオ-2)

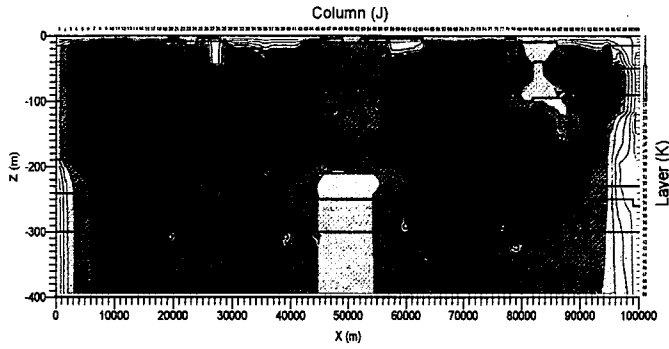
THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

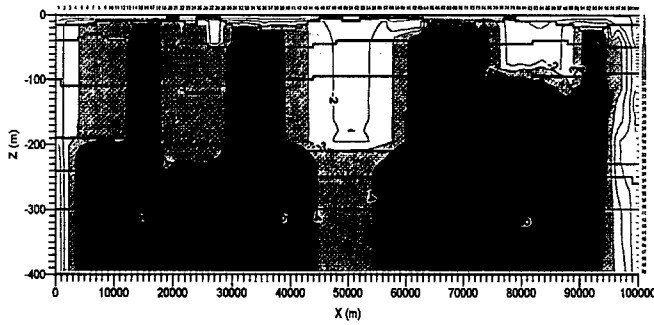
Difference of Simulated Piezometric Heads (2020-2002)



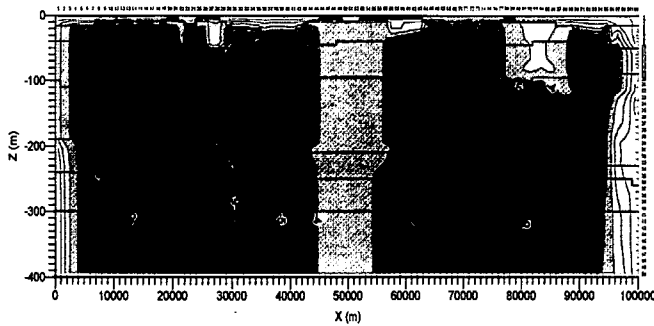
a) January



b) April



c) September



d) December

Difference of Simulated Piezometric Head (m)

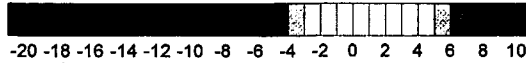


図8.2.57

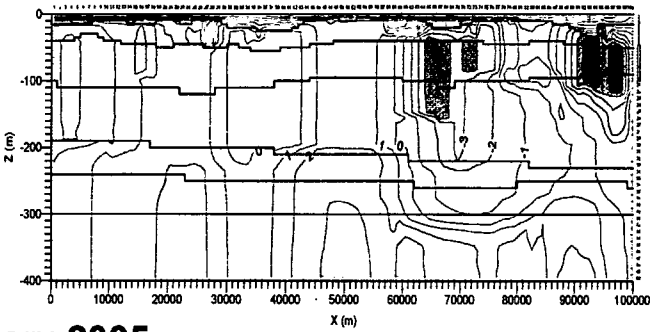
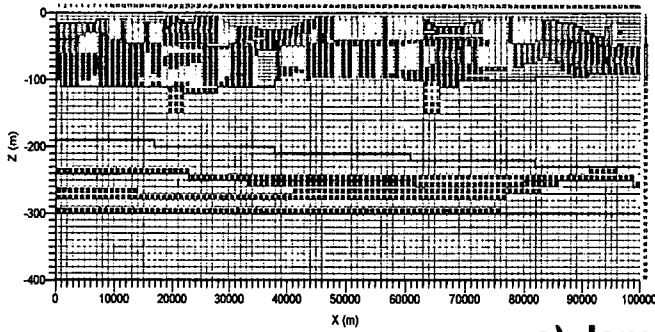
ケースー1、シナリオー2における
2002年と2020年の計算被圧水頭差

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

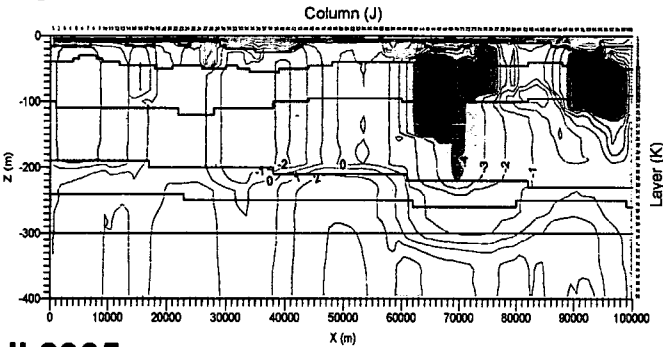
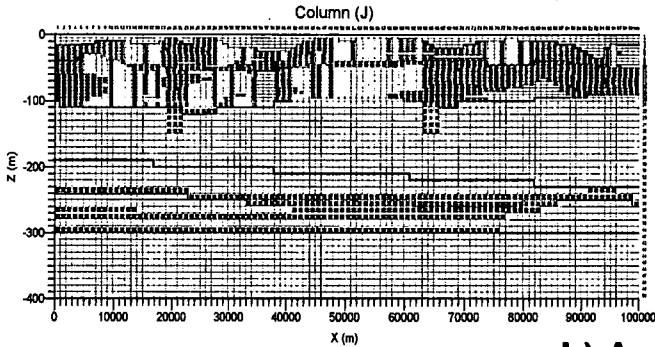
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

Groundwater Pumpage

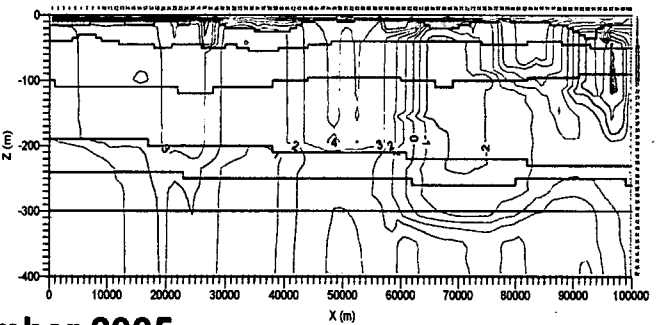
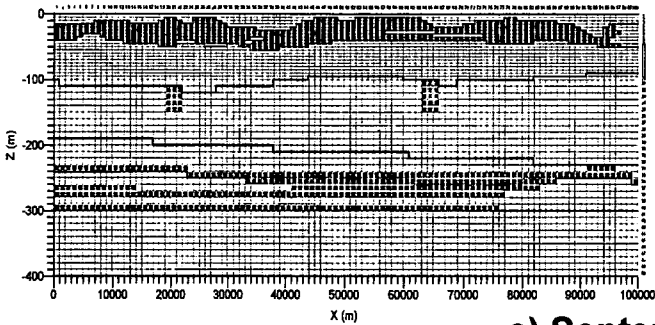
Simulated Piezometric Heads



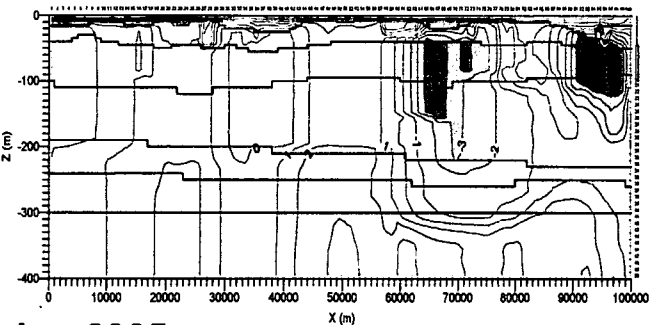
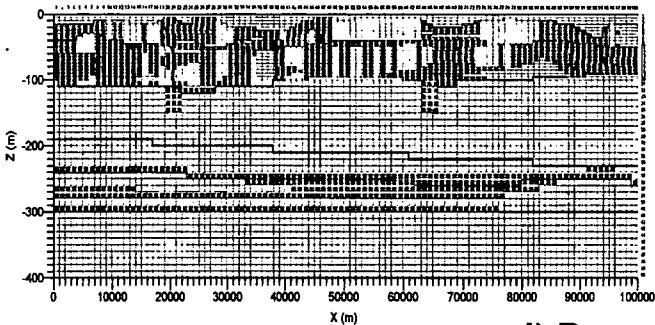
a) January 2005



b) April 2005



c) September 2005



d) December 2005

Groundwater Pumpage per Cell
(Unit: m³/day)

- 0.1 to 50
- 50 to 100
- 100 to 200
- 200 to 300
- 300 to 500
- 500 to 1000
- 1000 to 2000

Simulated Piezometric Head (masl)

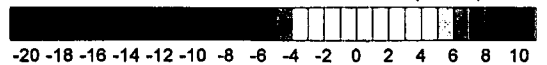


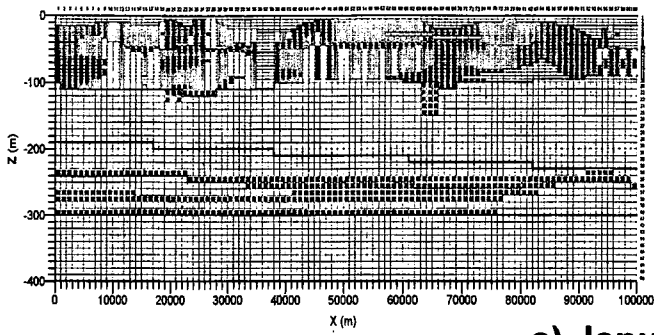
図8.2.58

2005年の地下水揚水量と計算被圧水頭の断面分布(ケース-2、シナリオ-2)

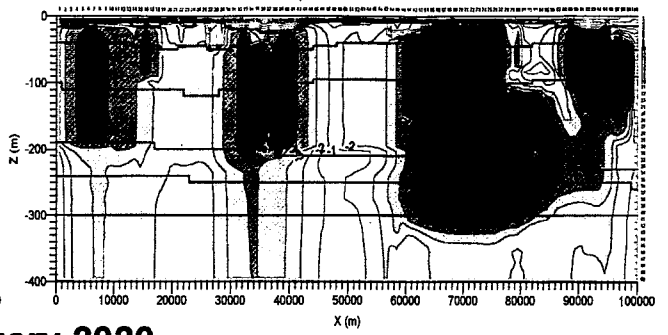
THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

Groundwater Pumpage

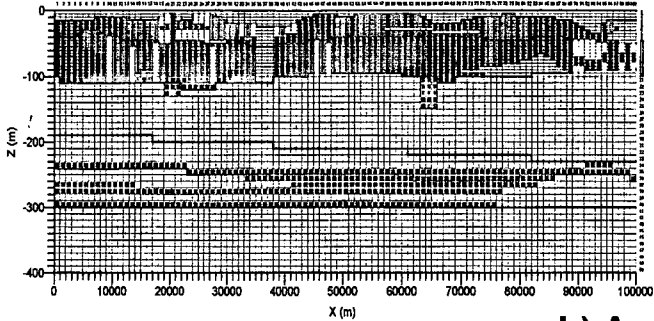


Simulated Piezometric Heads

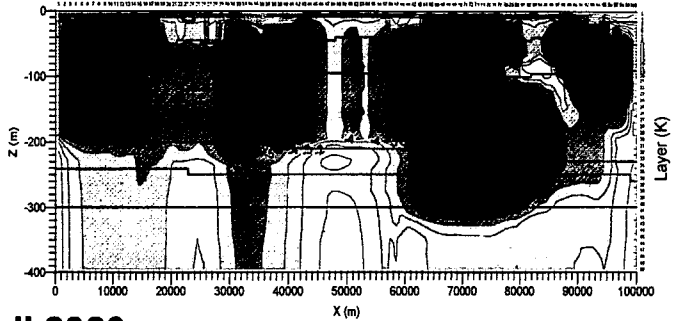


a) January 2020

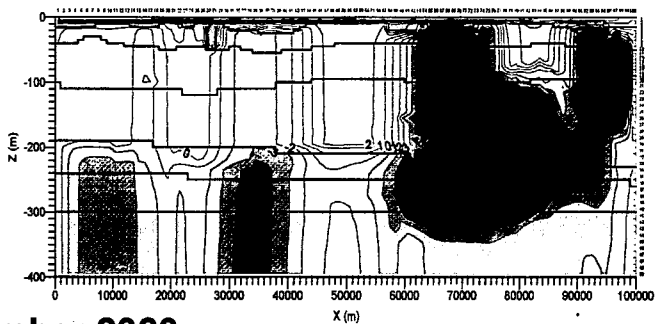
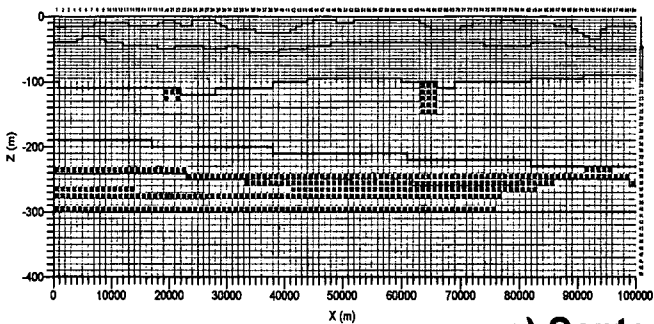
Column (J)



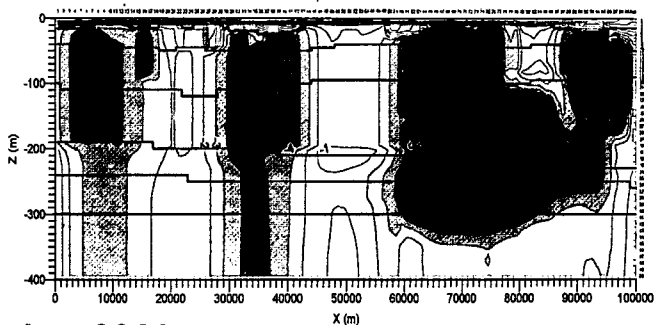
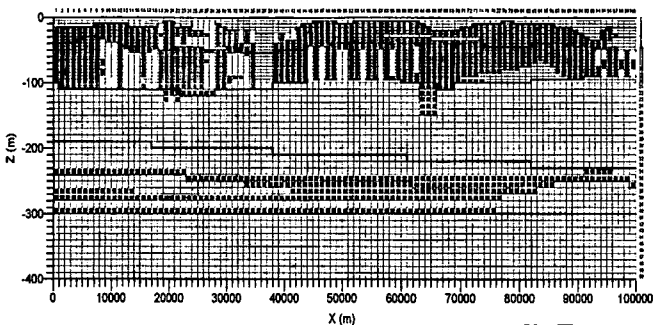
Column (J)



b) April 2020



c) September 2020



d) December 2020

Groundwater Pumpage per Cell
(Unit: m³/day)

- 0.1 to 50
- 50 to 100
- 100 to 200
- 200 to 300
- 300 to 500
- 500 to 1000
- 1000 to 2000

Simulated Piezometric Head (masl)



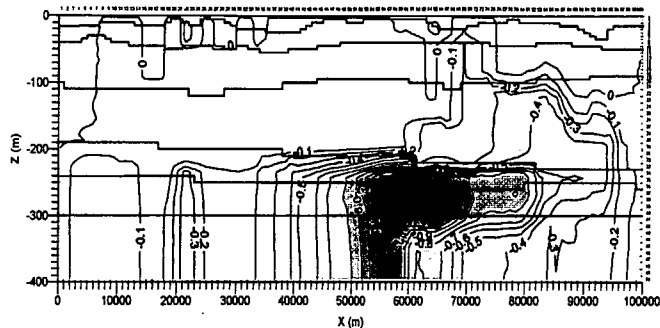
図8.2.59

2020年の地下水揚水量と計算被圧水頭の断面分布(ケース-2、シナリオ-2)

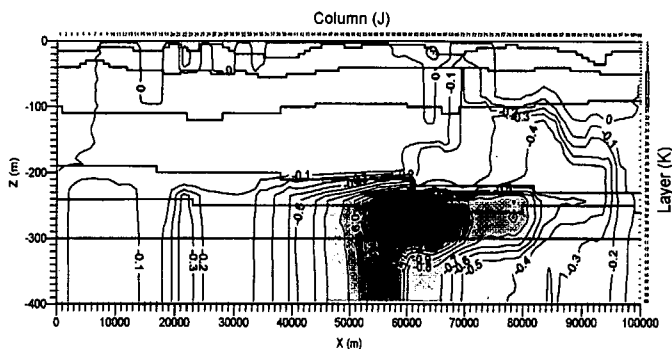
THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

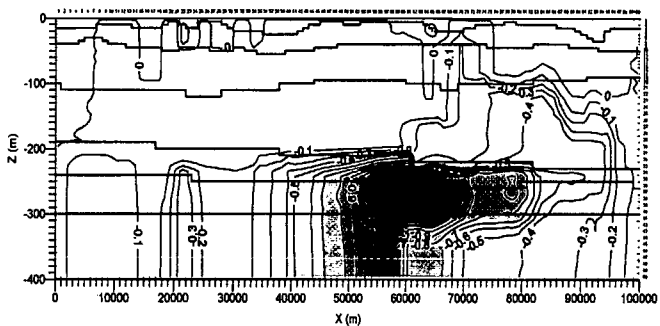
Difference of Simulated Piezometric Heads [(C2,S2) - (C1, S2)]



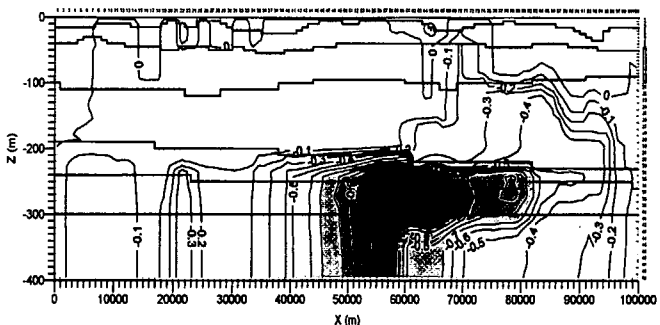
a) January



b) April



c) September



d) December

Difference of Simulated Piezometric Head (m)

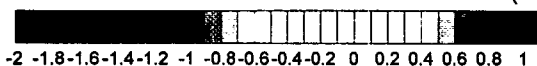


図8.2.60

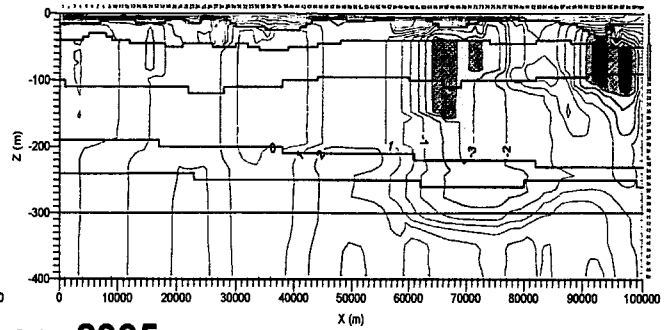
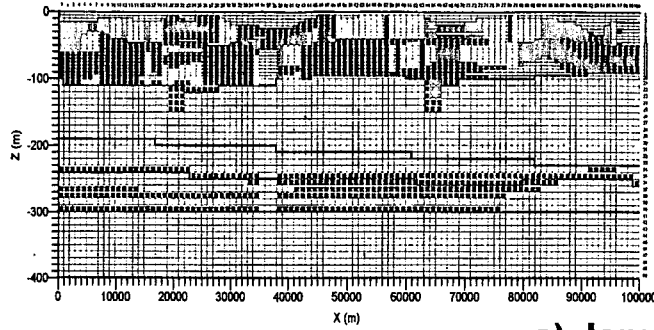
シナリオ-2におけるケース-1と
ケース-2の計算水頭差(2020年)

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)

Groundwater Pumpage

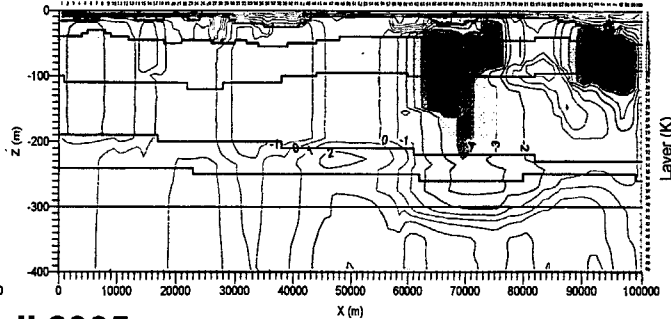
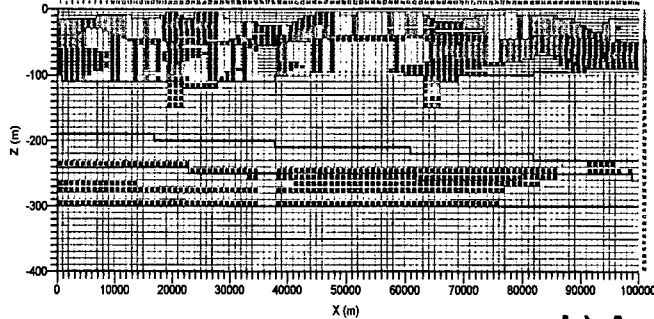
Simulated Piezometric Heads



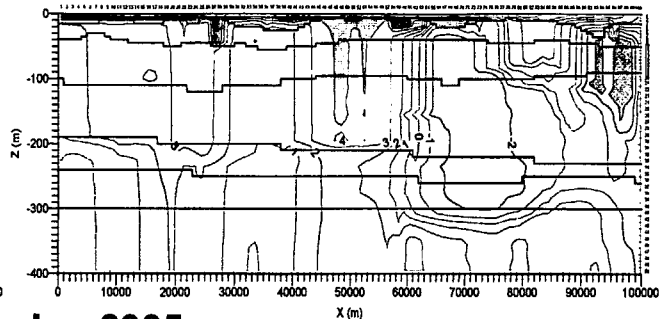
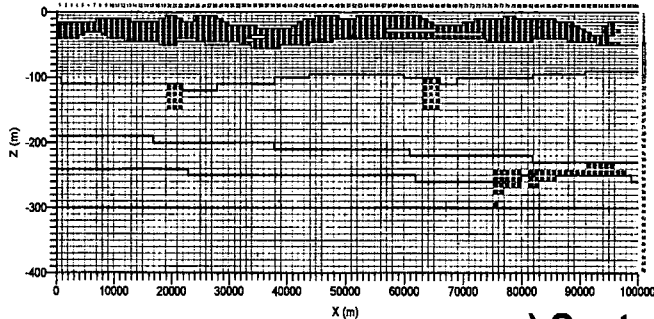
a) January 2005

Column (J)

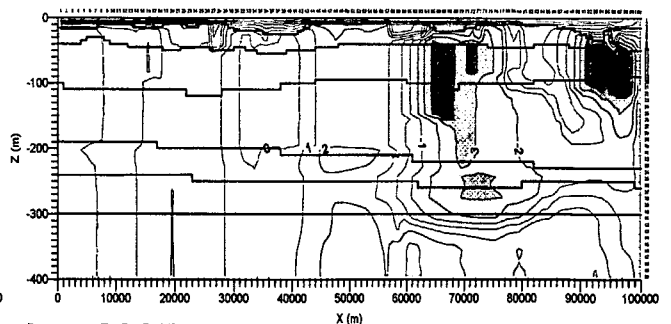
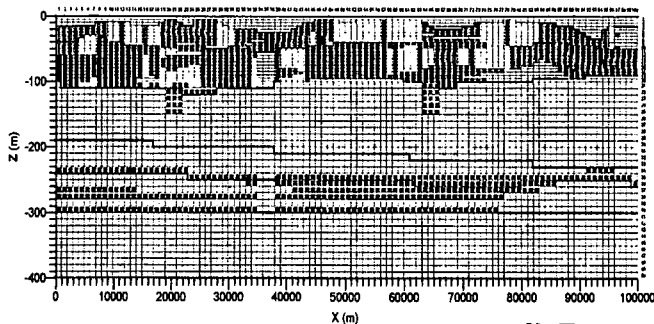
Column (J)



b) April 2005



c) September 2005



d) December 2005

Groundwater Pumpage per Cell
(Unit: m³/day)

- 0.1 to 50
- 50 to 100
- 100 to 200
- 200 to 300
- 300 to 500
- 500 to 1000
- 1000 to 2000

Simulated Piezometric Head (masl)



図8.2.61

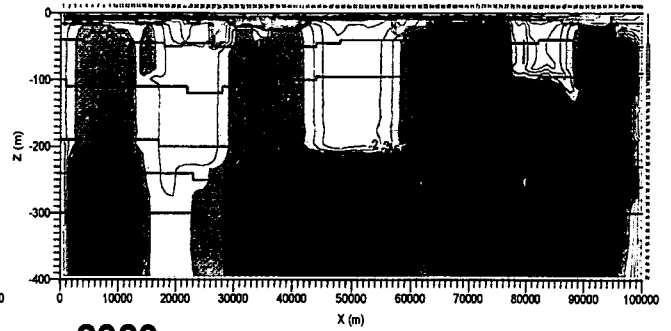
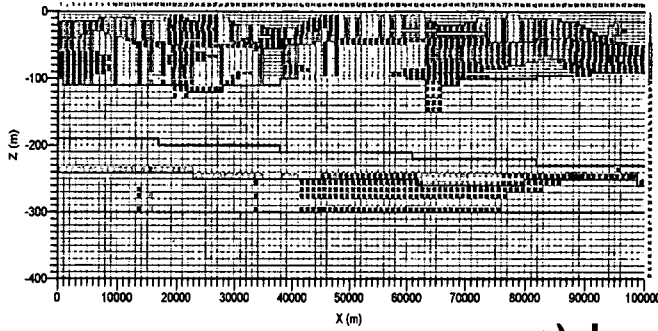
2005年の地下水揚水量と計算被圧水頭の断面分布(ケース-4、シナリオ-2)

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

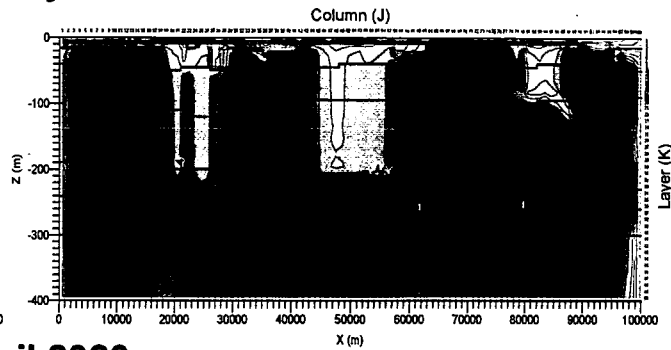
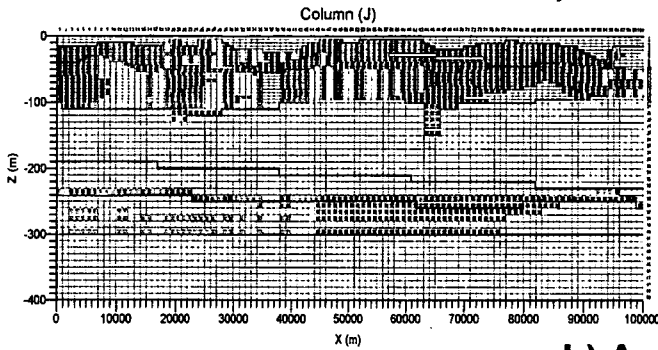
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

Groundwater Pumpage

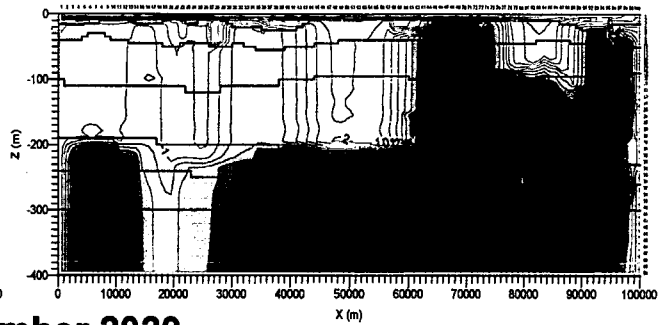
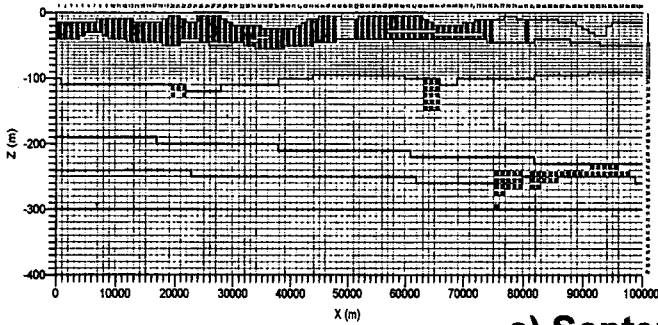
Simulated Piezometric Heads



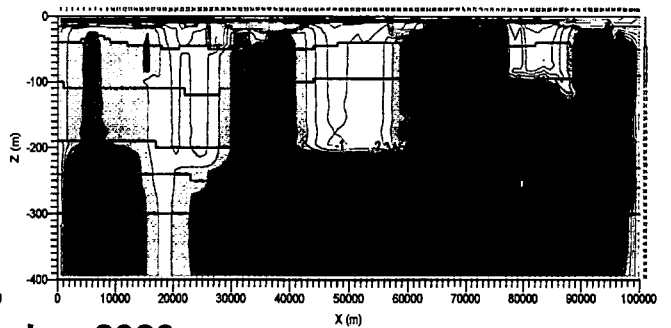
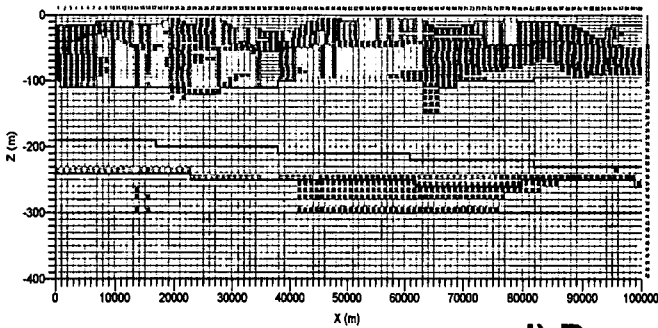
a) January 2020



b) April 2020



c) September 2020



d) December 2020

Groundwater Pumpage per Cell
(Unit: m³/day)

- 0.1 to 50
- 50 to 100
- 100 to 200
- 200 to 300
- 300 to 500
- 500 to 1000
- 1000 to 2000

Simulated Piezometric Head (masl)



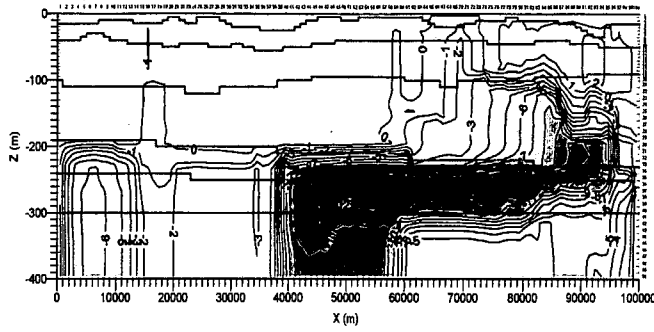
図8.2.62

2020年の地下水揚水量と計算被圧水頭の断面分布(ケース-4、シナリオ-2)

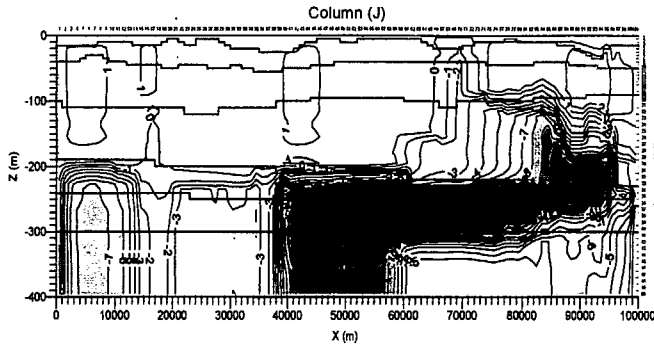
THE STUDY ON THE GROUNDWATER DEVELOPMENT OF DEEP AQUIFERS FOR SAFE DRINKING WATER SUPPLY TO ARSENIC AFFECTED AREAS IN WESTERN BANGLADESH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

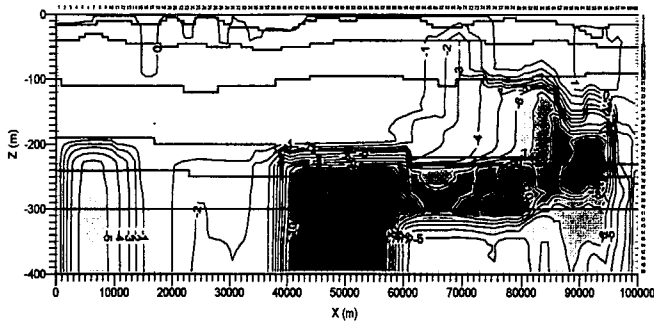
Difference of Simulated Piezometric Heads [(C4,S2) - (C1,S2)]



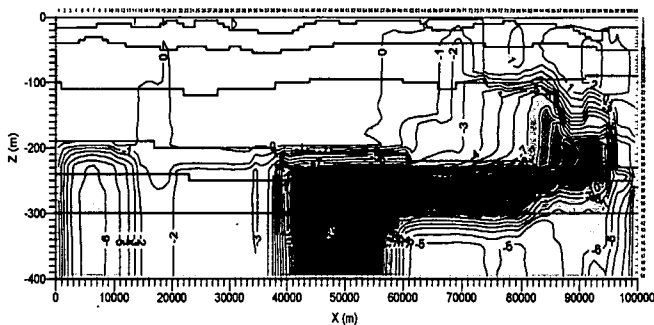
a) January



b) April



c) September



d) December

Difference of Simulated Piezometric Head (m)



図8.2.63

**シナリオ2におけるケース1と
ケース4の計算水頭差(2020年)**

**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)

8.3 深層地下水の開発可能性評価

8.3.1 現在の地下水流動条件の評価

各種の調査結果やシミュレーション結果によれば調査地域の地下水流動は、特にかんがい用地下水揚水により攪乱されていることが明かである。揚水量集計によると地下水は調査地域の1kmグリッドのほとんどで揚水されている。

地下水は主にA層下部に達するかんがい用浅井戸で汲み上げられている。2000年における平均揚水量は調査地域全体で7.373 MCM/dayと推定される。一方、かんがい用深井戸の揚水量は0.807 MCM/dayである。揚水量全体に占める割合はそれぞれ90.13%と9.87%である。同じ都市の生活用浅井戸とポルシャバ生産井の揚水量はそれぞれ0.067 MCM/dayと0.022 MCM/dayである。

かんがい用浅井戸の揚水量増加も顕著である。1983年に於ける揚水量は1.467 MCM/dayであり1983年から2000年に約5倍に増加した。一方かんがい用深井戸の揚水量は1983年で0.352 MCM/dayであり1983年から2000年の間に約2.3倍に増加している。

1983年における浅井戸及び生産井の総揚水量は0.028 MCM/dayであるがこれも2000年には0.090 MCM/dayとなり約3.2倍に増加した。しかし生活用水の全体に占める割合は1.09%である。1983年に於ける割合は1.54%であった。

以上のように揚水量から見ると1983年から現在までのかんがい用地下水の利用が調査地域の地下水流動に大きな影響を与えたことが理解される。とくにかんがい用浅井戸の増加が乾季に於ける地下水位低下の低下を引き起こしていることはBWDBのモニタリング井戸の記録や三次元広域モデルのシミュレーションにより明かである。

また断面二次元広域モデルの結果は、A層の浅い部分に活動的な砒素原因層がある場合、砒素は浅層地下水を汚染し、汚染地下水は垂直下向きに移動することを示している。しかし、その汚染地下水は主にかんがい用浅井戸で汲み上げられてしまい、深層地下水の主な流動方向が上向きであるため、深層に到達することはない。従って、かんがい用浅井戸が浅層帯水層の砒素汚染を引き起こしているが、かんがい用浅井戸が地域全体にある場合はそれによる多量の地下水揚水が深層地下水の汚染を妨げていることになる。

シミュレーションの結果は比較的大きな水位低下がジェソール県南部で起きていることを示している。この原因は水文地質構造に求めることができる。既に述べたように厚いC層粘土層が調査地域の地下水広域流動を規制する役割を果たしている。地下水が浅層帯水層(A及びB層)から汲み上げられると地下水は低下を始めるが粘土層が存在するため十分な補給を受けない。シミュレーション結果を

見ると粘土層中に水頭等値線が集中している。このことは、粘土層が上流地域や深層帯水層からの地下水補給を妨げていることを示唆している。

8.3.2 将来の深層地下水開発の影響

シミュレーション結果は深層帯水層の水頭が浅層帯水層より低いと浅層地下水は下向きに流動し、深層帯水層に流入することを示している。従って深層帯水層の水頭を浅層帯水層よりも高く保つよう管理することが必要である。

シミュレーション結果はまた、全てのかんがい用井戸が深層帯水層から地下水を揚水すると現在の地下水流動系は完全に壊れてしまい、浅層の砒素汚染地下水が深層に移動し深層帯水層を汚染することを示している。このような事態を招くことはあってはならない。

現在のかんがい用地下水揚水は砒素汚染の原因となるだけであるから直ちに停止すべきとの意見もある。しかし、かんがい用水は農業生産に必要でありバングラデシュの経済活動の大部分を占めることから全てのかんがい用井戸を停止することはできない。地下水理学の立場から見ると全ての既存井戸の揚水を停止する必要はない。かんがい用井戸は砒素汚染の原因かもしれないが深層地下水へのさらなる汚染を防ぐ「バリアー井戸」として機能している。ただしある種の条件では深層帯水層の上部は現在のかんがい用井戸により汚染される可能性もあることに注意が必要である。

従って深層地下水開発は用途を選別して実施すべきである。すなわち政府機関は飲料水用の地下水開発を最優先とする法規制を確立すべきである。また、現在及び将来の地下水利用を管理するためモニタリングと管理システムの構築も必要である。これらの政策、規制、モニタリング及び管理システムなしには貴重な地下水資源はまもなく損害を被るであろう。一度汚染された地下水の水質を修復することはほとんど困難である。

8.3.3 深層地下水利用に必要な対策

深層地下水の持続的利用のためにはいくつかの技術的対策が必要である。水文地質、地下水の条件は場所により異なるので地下水開発に当たってはまず詳細な調査を実施すべきである。

本調査の結果、深層帯水層の産出能力は現在利用されているB層やC層帯水層に比べると小さいことが分かった。これはある一定量の地下水を汲み上げたとき深層帯水層の水位低下量は大きくなり、多量に揚水すると浅層帯水層から汚染地下水を深層へ引き込む可能性がある。従って、帯水層の能力や水文地質条件について

ては各サイトに調査を行いそのような2次汚染を防ぐ方策を検討すべきである。深層地下水のモニタリングは浅層地下水と同様極めて重要である。詳しい砒素汚染メカニズムは未だ明らかではないので、深層地下水は地下水位と水質のモニタリングを行いつつ慎重に進めるべきである。

深層地下水の開発が進めば、300 mより深いさらに深層の地下水が上昇し、汲み上げられる。300 mより深層部の地質状況は知られていないが、目標とする深層帯水層の開発に当たってはさらに深部についても調査を行う必要がある。