

地質統計法を用いた帶水層パラメータの推定及びトレーサ試験解析

— 概 要 —

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

| 技 術 資 料 | | |
|--|------------------------------|----------|
| 開示区分 | レポートNo. | 受 領 日 |
| Z | ZJ1214 94-004 ⁽¹⁾ | 1994.7.6 |
| この資料は技術管理室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です <small>動力炉・核燃料開発事業団 技術協力部技術管理室</small> | | |

1994年2月

三菱原子力工業株式会社

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。については、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

技術協力部 技術管理室

限定資料

PNC ZJ1214 94-004

1994年2月

地質統計法を用いた帶水層パラメータの推定及びトレーサ試験解析

向井 悟^{*1}・土井英雄^{*1}・江崎正弘^{*2}

要　旨

本研究は、地質統計法を用いて、地層の不均質性を定量的に把握し、地層中の水理・物質移動モデルの信頼性を高めるために、以下に示す研究を実施した。

- (1) スウェーデンのフィンションサイトで掘削された井戸で得られた透水係数の実測値を基に、Kriging法と呼ばれる方法を用いて解析領域における2次元的な平面での透水量係数の分布及び、分散値を推定した。
- (2) 推定した透水係数分布を用いて、フィンションサイトで実施されたトレーサ試験での地下水流速場をモデル化し、流速場及び水頭分布を推定した。推定した水頭分布を実測値と比較することにより、推定した透水係数分布の妥当性を評価した。
- (3) 地下水流動解析により決定された地下水流速分布の基で、トレーサ移行解析を実施した。モデル化では、移行プロセスとして移流と分散を考え、トレーサ破過曲線の計算値を実測値にフィッティングすることにより、移行パラメータを算出した。

本報告書は、三菱原子力工業株式会社が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：050D0186

事業団担当部課室及び担当者：環境技術開発部地層処分開発室（畠中 耕一郎）

*1：大宮研究所第二研究室評価解析グループ

*2：燃料サイクル統括部

Estimation of Aquifer Parameters and Analysis of Tracer Test by Geostatistic Method

Satoru Mukai*¹ • Hideo Doi*¹ • Masahiro Ezaki*²

Abstract

In the study, the following tasks have been performed in order to develop reliable models of hydrogeology and mass transport in underground, and to understand quantitatively heterogeneous underground formation.

- (1) We have estimated two dimensional distribution of hydraulic conductivities and variance of estimation error by using Kriging method with the observed hydraulic conductivities that obtained in the boreholes at Finnsjon site.
- (2) By using the estimated distribution of hydraulic conductivities, we have modeled velocity fields of the groundwater for the tracer tests at Finnsjon site, and estimated distribution of the velocity fields and the hydraulic heads. By comparing the estimated hydraulic heads with the observed values, we have evaluated validity of the estimated distribution of the conductivities.
- (3) We have performed analysis of the tracer transport by using the velocity distribution of groundwater that was determined by analysis of the groundwater flow. In modelling the tracer transport, we have considered advection and dispersion as the tracer transport process and estimated transport parameters by fitting calculated breakthrough curve to the observed values.

Work performed by Mitsubishi Atomic Power Industries, Inc. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison: Waste Technology Development Division, Geological Isolation Technology Section, Koichiro Hatanaka.

*1 : Omiya Technical Institute, Research Laboratory II, Analytical Evaluation Group.

*2 : Nuclear Fuel Cycle Division

目 次

| | | |
|------------------------|-------|----|
| 1. まえがき | ----- | 1 |
| 2. 実施内容 | ----- | 3 |
| 2.1 透水係数分布の推定 | ----- | 3 |
| 2.2 地下水流動解析 | ----- | 3 |
| 2.3 トレーサ移行解析 | ----- | 3 |
| 3. 透水係数分布の推定 | ----- | 5 |
| 3.1 試験体系 | ----- | 5 |
| 3.2 推定方法 | ----- | 5 |
| 3.3 推定結果 | ----- | 5 |
| 4. 地下水流動解析 | ----- | 21 |
| 4.1 試験体系 | ----- | 21 |
| 4.2 解析モデル | ----- | 21 |
| 4.3 解析結果 | ----- | 21 |
| 5. トレーサ移行解析 | ----- | 29 |
| 5.1 試験体系 | ----- | 29 |
| 5.2 解析モデル | ----- | 29 |
| 5.3 移行パラメータの推定方法 | ----- | 29 |
| 5.4 解析手順 | ----- | 29 |
| 5.5 解析結果 | ----- | 29 |
| 5.6 文献調査 | ----- | 30 |
| 5.7 フィンションのテストケースの比較解析 | ----- | 30 |
| 6. あとがき | ----- | 39 |

図 目 次

| | | | |
|----------|---|-------|----|
| 図 3 - 1 | 井戸の位置 | ----- | 7 |
| 図 3 - 2 | 透水量係数のバリオグラムの例 | ----- | 8 |
| 図 3 - 3 | Kriging 推定値（トレンドなしの場合） | ----- | 9 |
| 図 3 - 4 | Kriging 推定値（トレンド1次の場合） | ----- | 10 |
| 図 3 - 5 | Kriging 推定値（トレンド2次の場合） | ----- | 11 |
| 図 3 - 6 | Kriging 分散値（トレンドなしの場合） | ----- | 12 |
| 図 3 - 7 | Kriging 分散値（トレンド1次の場合） | ----- | 13 |
| 図 3 - 8 | Kriging 分散値（トレンド2次の場合） | ----- | 14 |
| 図 3 - 9 | Conditional Simulation の例（トレンドなしの場合） | ----- | 15 |
| 図 3 - 10 | Conditional Simulation の例（トレンド1次の場合） | ----- | 16 |
| 図 3 - 11 | Conditional Simulation の例（トレンド2次の場合） | ----- | 17 |
| 図 3 - 12 | Universal kriging による推定値（トレンド1次の場合） | ----- | 18 |
| 図 3 - 13 | Universal kriging による推定値（トレンド2次の場合） | ----- | 19 |
| 図 4 - 1 | フィンションの試験体系 | ----- | 23 |
| 図 4 - 2 | ダイポール試験における水頭分布の例 (トレンド1次の場合のConditional Simulation による推定値を使用) | ----- | 24 |
| 図 4 - 3 | 揚水試験における水頭分布の例 (トレンド1次の場合のConditional Simulation による推定値を使用) | ----- | 25 |
| 図 5 - 1 | 解析手順 | ----- | 32 |
| 図 5 - 2 | ダイポール試験におけるIodine の破過曲線 (トレンド1次の場合) | ----- | 33 |
| 図 5 - 3 | ダイポール試験におけるIn-edta の破過曲線 (トレンド1次の場合) | ----- | 34 |
| 図 5 - 4 | 揚水試験におけるIodine の破過曲線 (トレンド1次の場合) | ----- | 36 |
| 図 5 - 5 | 揚水試験におけるIn-edta の破過曲線 (トレンド1次の場合) | ----- | 37 |

表 目 次

| | | | |
|---------|----------------------|-------|----|
| 表 4 - 1 | ダイポール試験における揚水区間との水頭差 | ----- | 26 |
| 表 4 - 2 | 揚水試験における揚水区間との水頭差 | ----- | 27 |
| 表 5 - 1 | 核種移行モデル | ----- | 31 |
| 表 5 - 2 | フィッティングにより算出したパラメータ | ----- | 35 |
| 表 5 - 3 | トレーサ試験解析ケース一覧 | ----- | 38 |

1. まえがき

H L W地層処分において、地層中の核種移行特性を把握することは、安全評価上重要である。地下水及び核種の移行媒体である地層は、不均質性を有しているため、核種移行特性は空間的に変化する。この地層の特性に関する情報は、地層中に掘削された井戸を使用した水位観測、透水係数、トレーサ試験等により得られる。しかし、これらの情報は井戸における点としての情報でしかない。これらの点情報を基に、面としての情報である解析領域全体の地下水分布や透水係数分布を推定できる方法に地質統計法がある。

本研究は、この手法を用いて地層の不均質性を定量的に把握し、地層中の水理・物質移動モデルの確証を行うことにより、性能評価に使用するパラメータ及びモデルの信頼性を高めることを目的として実施した。解析に際しては、スウェーデン、フィンションサイトで実施されたトレーサ試験を対象として選び、地質統計法による透水係数分布の推定及びそれに基づいたトレーサ解析を実施した。

2. 実施内容

本研究では、地質統計法を用いた帶水層パラメータの推定及びトレーサ解析に関する以下の作業を実施した。

2.1 透水係数分布の推定

スウェーデン、フィンションサイトに掘削されている8本の井戸での透水係数の実測値から、地質統計法を使用して解析領域の透水係数分布及び分散を推定した。

2.2 地下水流動解析

2.1で推定した透水係数分布を基に、トレーサ試験での地下水流速場のモデル化を行った。また、このときの井戸における水頭の計算値を実測値と比較することにより、推定した透水係数分布の妥当性を評価した。

2.3 トレーサ移行解析

地下水水流動解析により、決定された流速分布の基で、トレーサ移行解析を実施した。モデル化において、移行プロセスとして移流と分散を考えた。井戸におけるトレーサの破過曲線の計算値を実測値にフィッティングすることにより、移行パラメータである分散率を推定した。

3. 透水係数分布の推定

3.1 試験体系

フィンションサイトでの水理試験により、図3-1に示す井戸における透水係数が測定されている。透水係数は、高さ方向に2m間隔で測定されている。後述するように、トレーサ試験は、ゾーン2と呼ばれる結晶性岩からなる亀裂帯で実施されており、トレーサ移行解析には、ゾーン2上部の領域を用いている。従って、透水係数分布の推定にあたっては、ゾーン2上部における透水係数の測定値を用いた。

3.2 推定方法

測定された透水係数から、解析領域全体の透水係数分布をKrigingと呼ばれる方法により推定した。

Kriging法は、透水係数を $Z(x)$ とし、 $Z(x)$ は確率場における確率変量とみなして、バリオグラムと呼ばれる統計量で透水係数を代表させることにより、解析領域での分布を推定する方法である。この手法を用いることにより、井戸で観測された透水係数とともに、解析領域での透水係数分布を求めることができる。

実際の透水係数分布の平均値は、空間的に変動していることが考えられるため、トレンドを考慮して透水係数分布を推定した。解析では、トレンド項数として、0次（トレンドなし）、1次、及び2次の3ケースを考えた。

バリオグラムは指數型の関数を用いた。

Kriging法による推定値は、測定値を考慮した推定値の最適値であり、実際の値は、Kriging推定値とKriging誤差の差で表される。そこで、Kriging誤差をモンテカルロ法的に発生させる方法として、Conditional Simulationを用いて、 $Z(x)$ の標本サンプルを求めた。

3.3 推定結果

フィンションサイトで測定された透水係数を基に、3.2に示す手法により、解析領域全体にわたる透水係数の空間分布を推定した。

重回帰分析により、トレンドを推定した。その結果は以下の通りである。

① トレンド1次の場合

$$\ln T(x, y) = -5.84 - 7.41 \times 10^{-4}x - 2.33 \times 10^{-3}y \quad (3.3.1)$$

②トレンド2次の場合

$$\begin{aligned}\ln T(x, y) = & -23.6 + 1.47 \times 10^{-2}x + 5.00 \times 10^{-2}y \\ & - 5.00 \times 10^{-6}x^2 - 1.54 \times 10^{-5}xy \\ & - 4.28 \times 10^{-5}y^2\end{aligned}\quad (3.3.2)$$

ここで、 $T(x, y)$ ：透水量係数 (m^2/s)

x : x 軸方向の距離 (m)

y : y 軸方向の距離 (m)

バリオグラムの計算結果の例を図3-2に示す。図中の実線は、指數関数型でバリオグラムを近似したときの計算値である。

Kriging推定値及び分散値を図3-3～図3-8に示す。Kriging推定値は、井戸近傍では、測定値に近い値となっており、測定された領域を離れるにつれて、平均的な値となっている。また、分散は、井戸近傍では小さく、井戸から離れるにつれて大きくなっている。トレンドがある場合のKriging推定値は、井戸近傍では、測定値に近い値であるが、井戸を離れるにしたがって測定値とはかなり異なった値となっている。

Conditional Simulationにより求めた、透水量係数の空間分布の例を図3-9～図3-11に示す。これらの結果をKriging推定値と比較すると、Kriging誤差を考慮した分、場所による透水量係数の変動が大きくなっていることがわかる。

トレンドが存在する場合の推定方法として、一般にUniversal Kringing法と呼ばれる手法がある。この手法と重回帰分析を用いた手法により推定されるそれぞれの透水量係数の空間分布を比較し、手法の違いによる空間分布の差について検討した。トレンドが1次の場合と2次の場合についてUniversal Kringing法により推定した透水量係数の分布をそれぞれ図3-12及び図3-13に示す。図3-12及び図3-13を、トレンドを重回帰分析により推定した場合の透水量係数の分布(図3-4及び図3-5参照)と比較すると、あまり大きな差は見られなかった。従って、本解析の試験体系では、透水量係数の分布を重回帰分析を用いて推定する方法は妥当と考えられる。

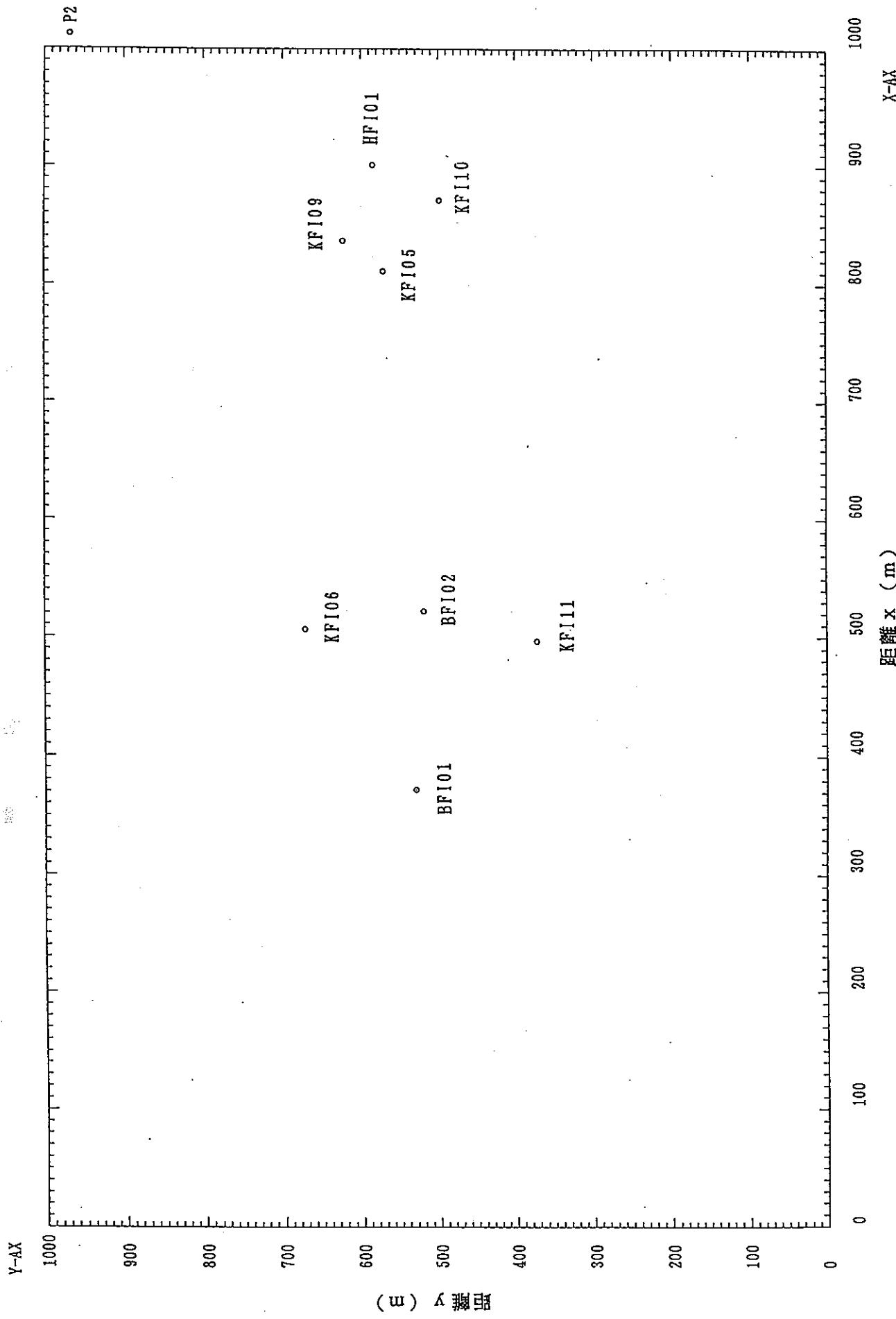


図 3-1 井戸の位置

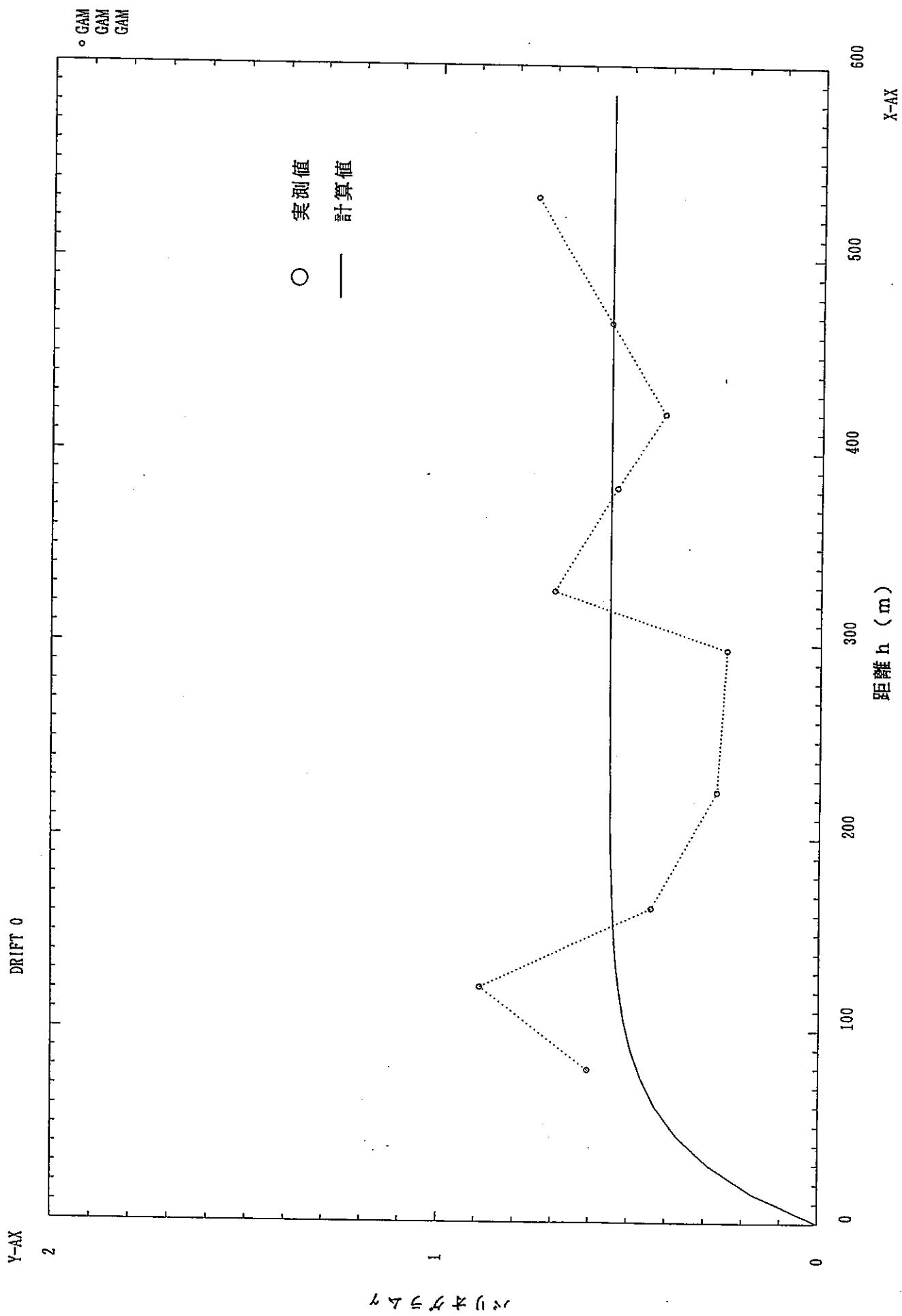


図 3-2 透水量係数のバリオグラムの例

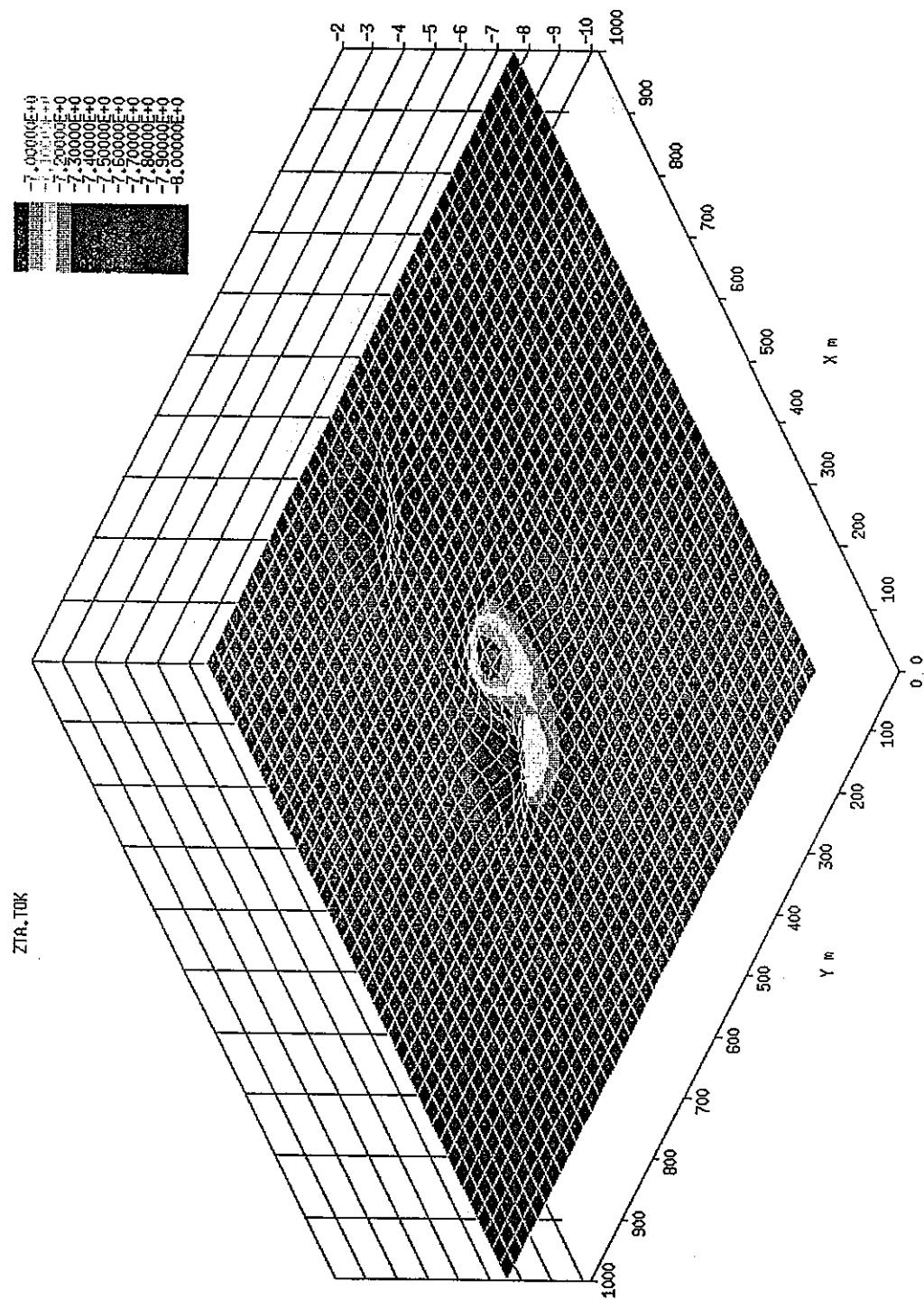


図 3-3 Kriging 推定値（トレンドなしの場合）

ZSAJ1.TOK

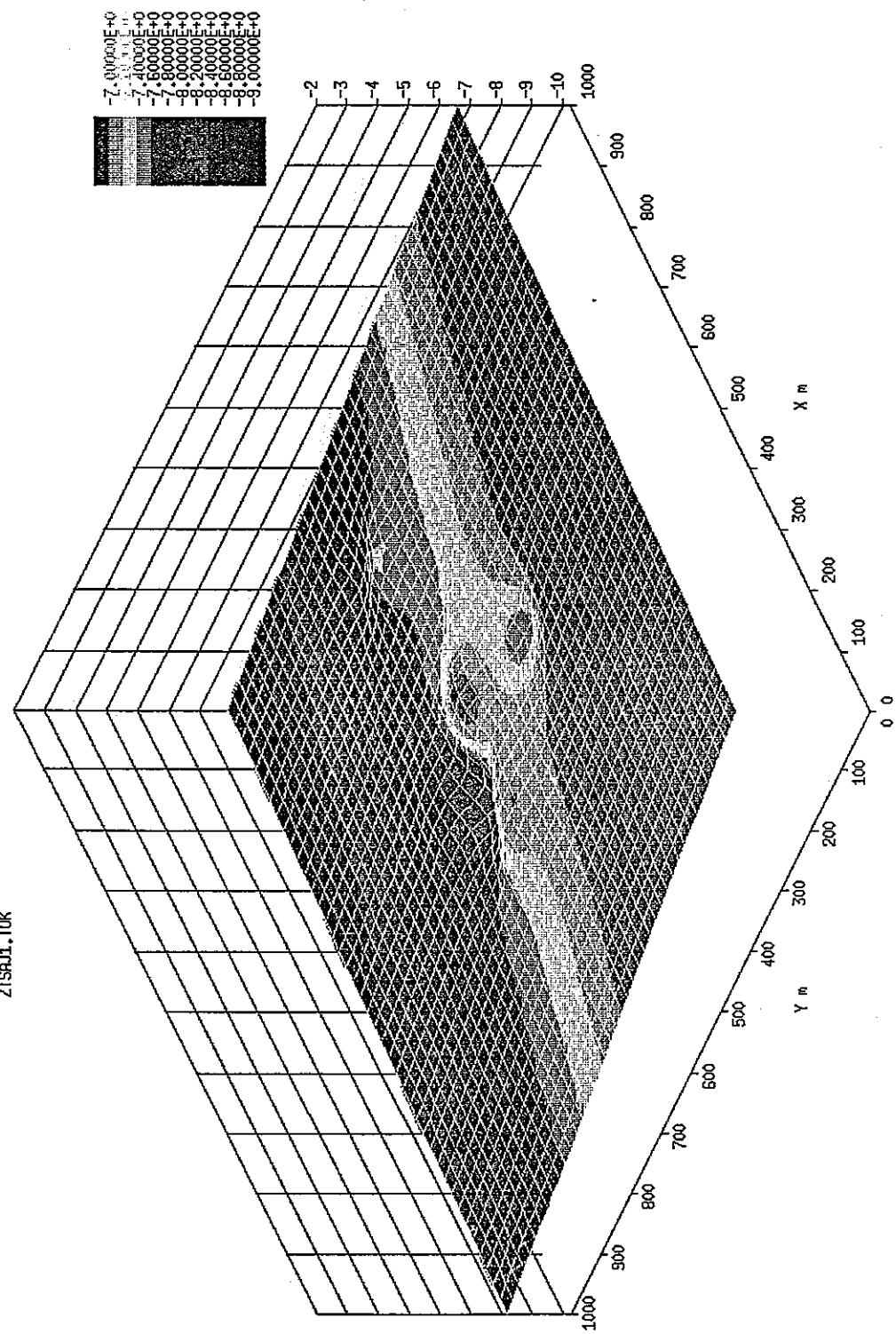


図 3-4 Kriging 推定値（トレンド 1 次の場合）

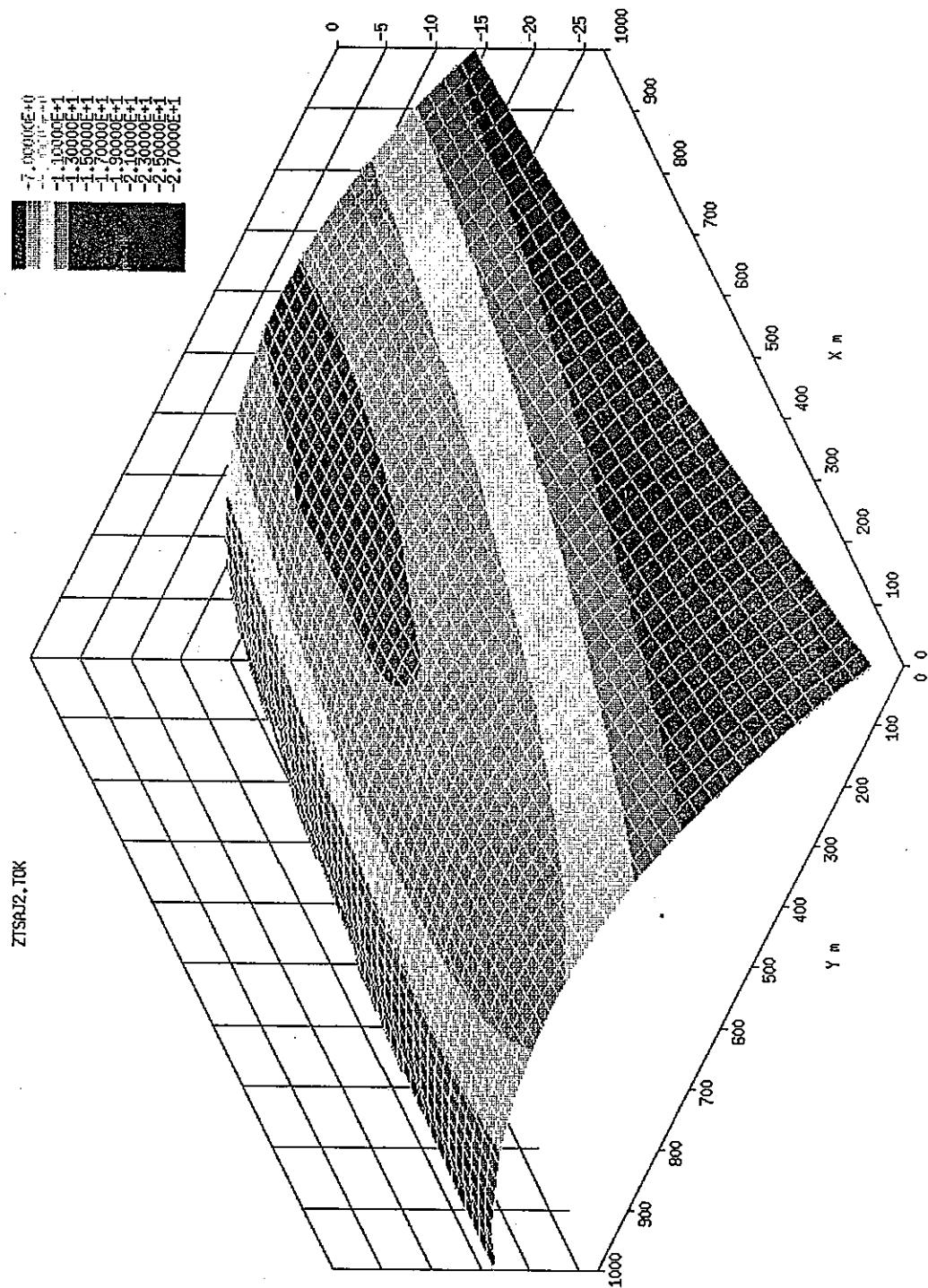


図 3-5 Kriging 推定値（トレンド 2 次の場合）

等高線表示処理

2. 表示

T2a.TOK

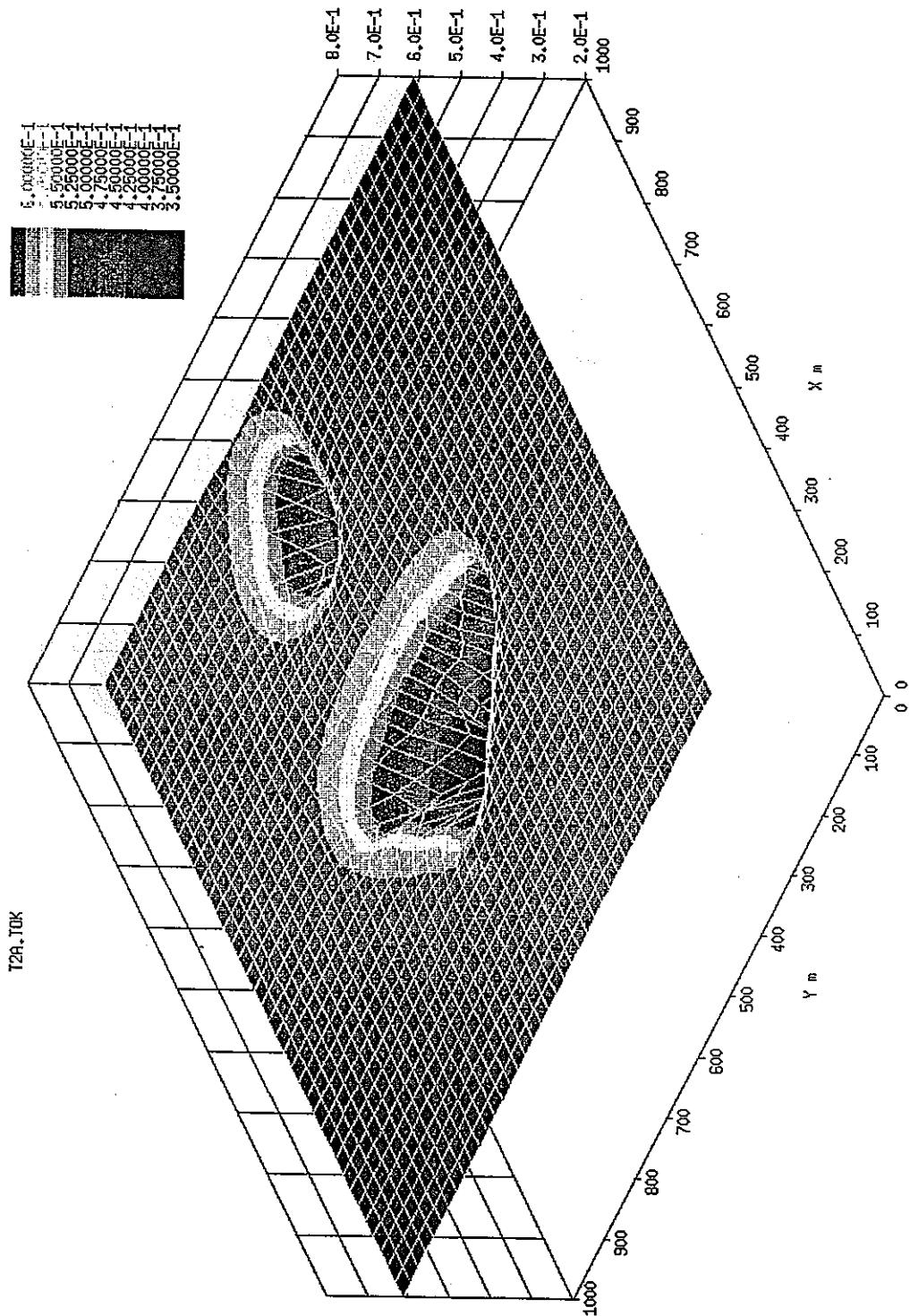
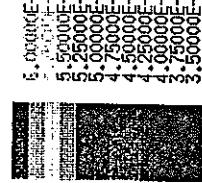


図 3-6 Kriging 分散値（トレンドなしの場合）

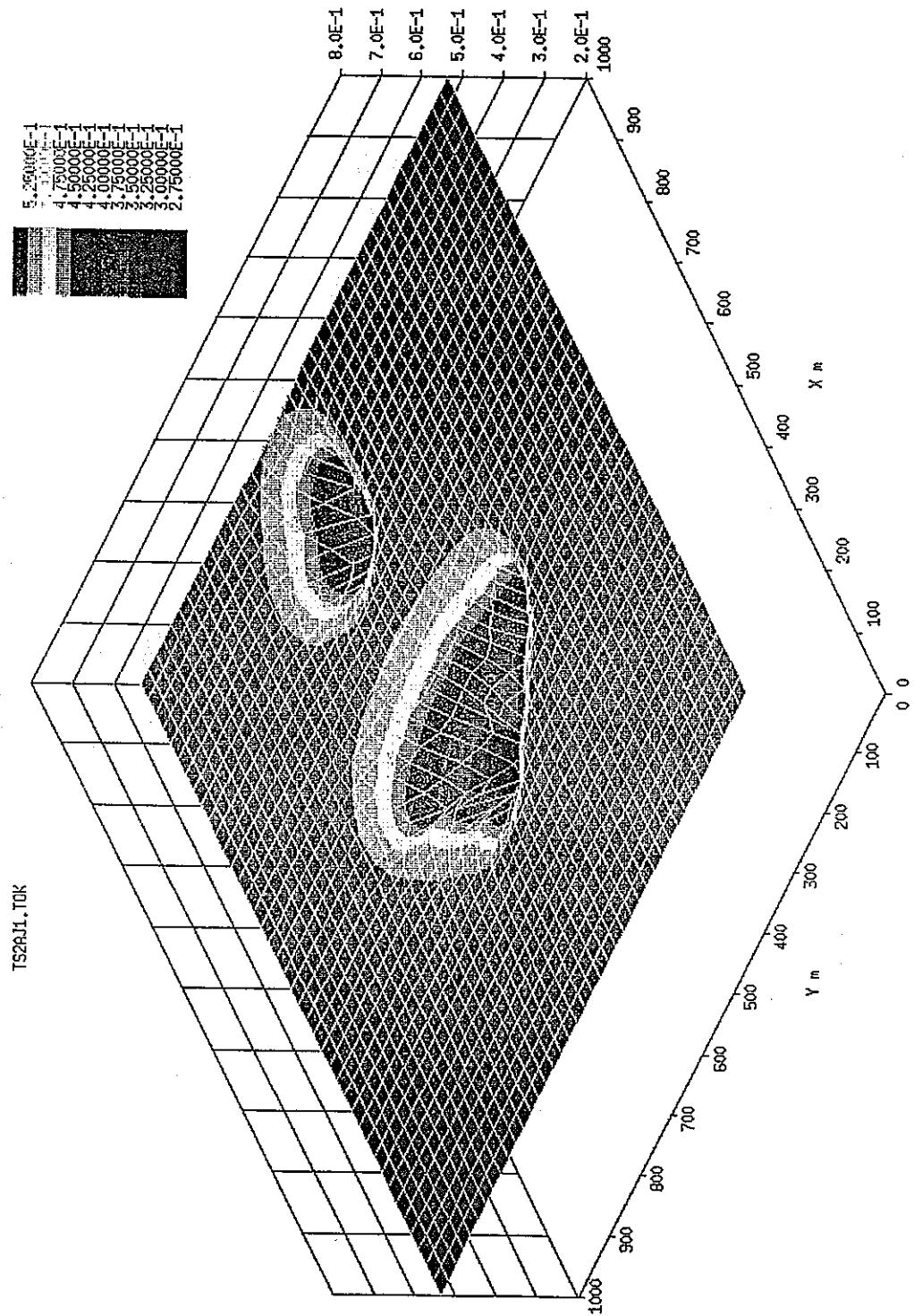


図 3 - 7 Kriging 分散値 (トレンド 1 次の場合)

終了

表示

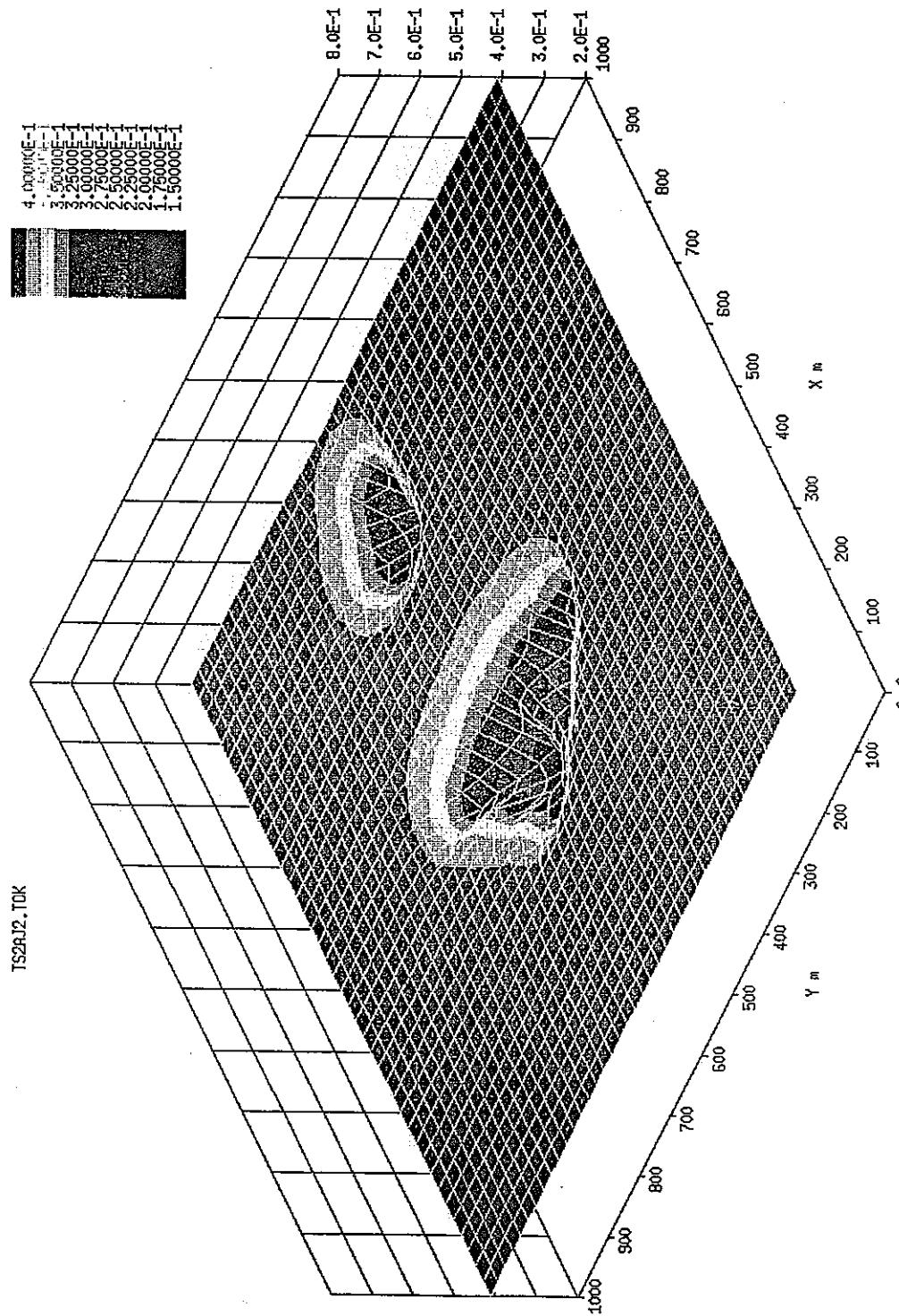


図 3-8 Kriging 分散値 (トレンド 2 次の場合)

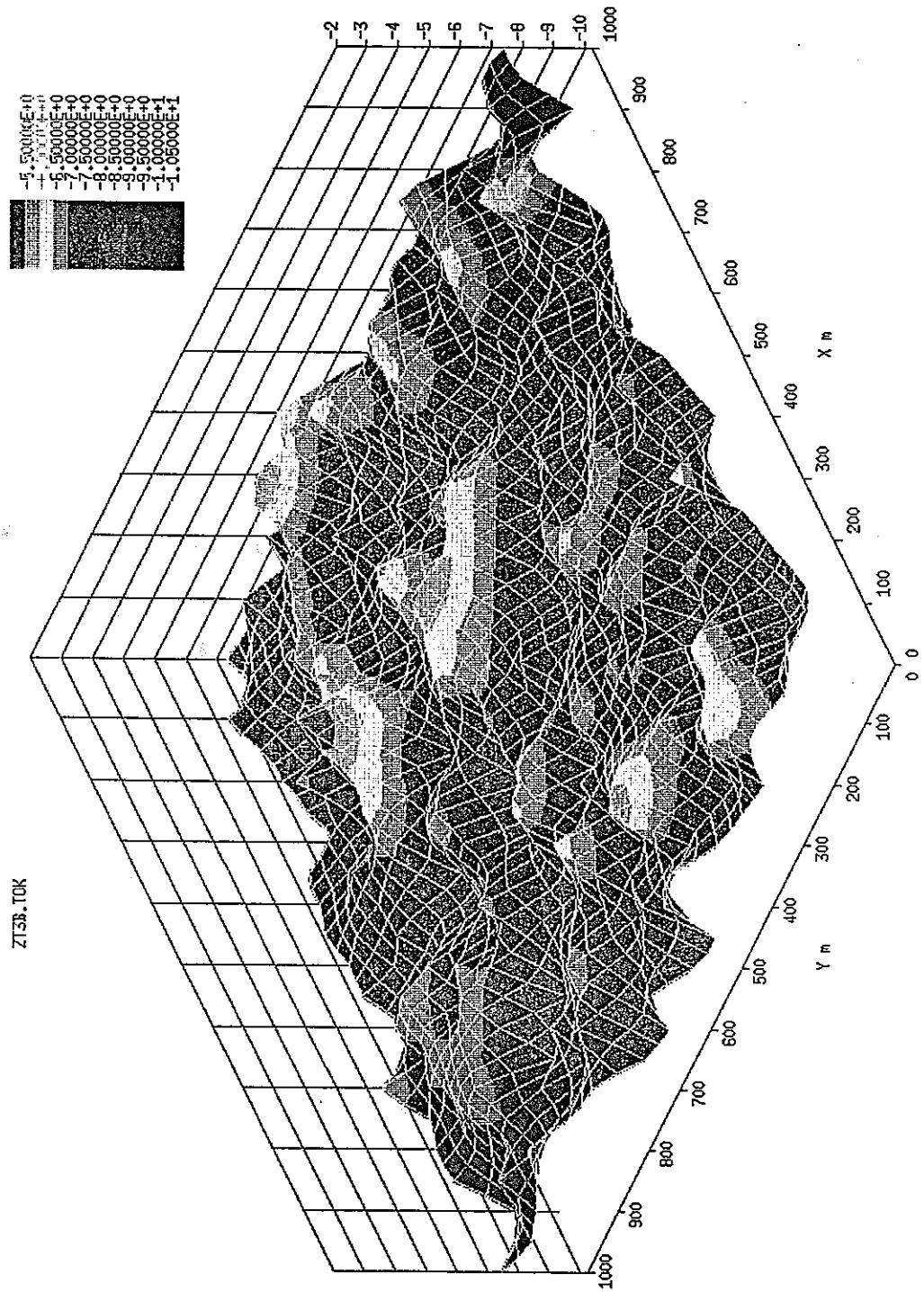


図 3-9 Conditional Simulation の例（トレンダなしの場合）

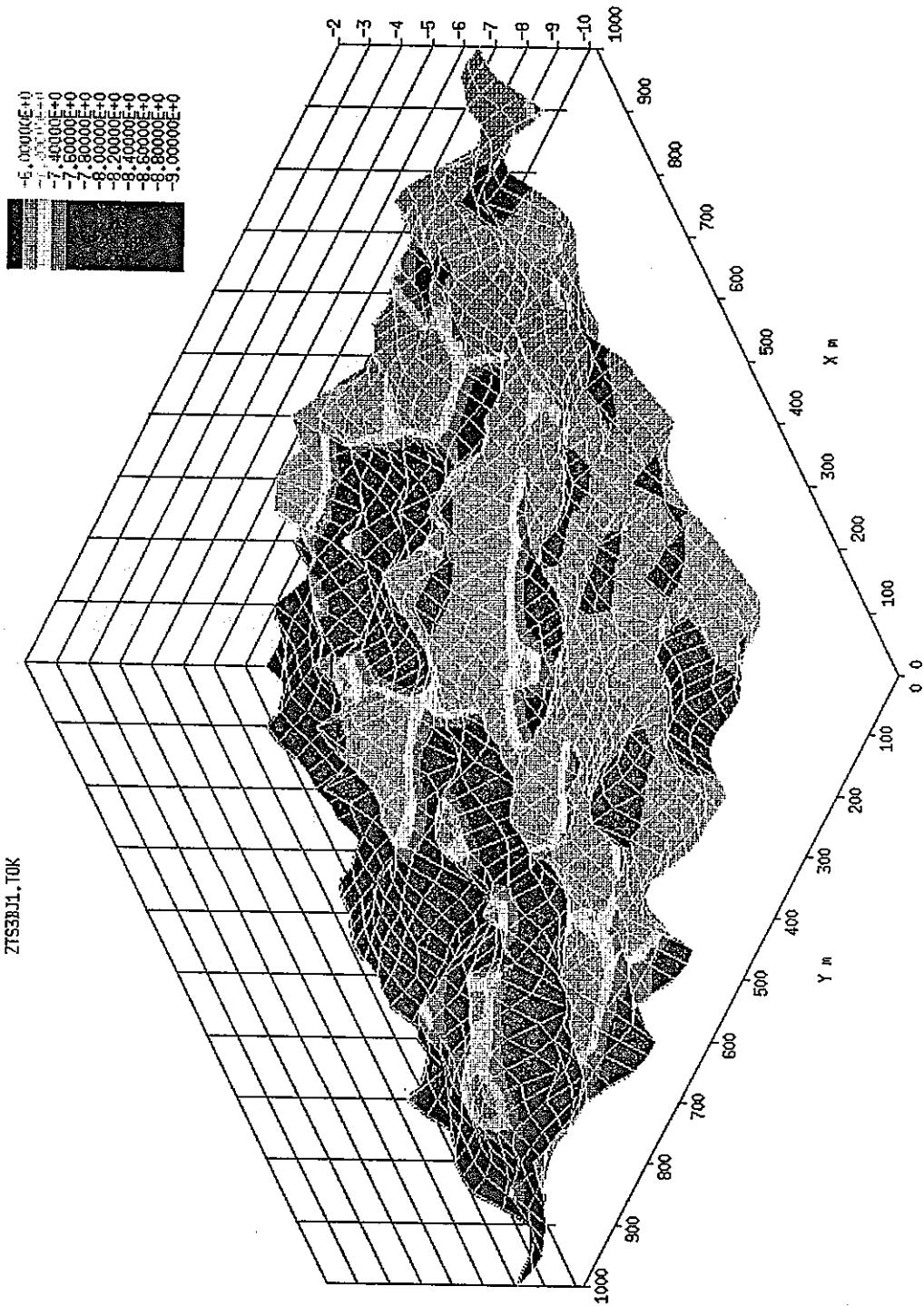


図 3-10 Conditional Simulation の例（トレンド1次の場合）

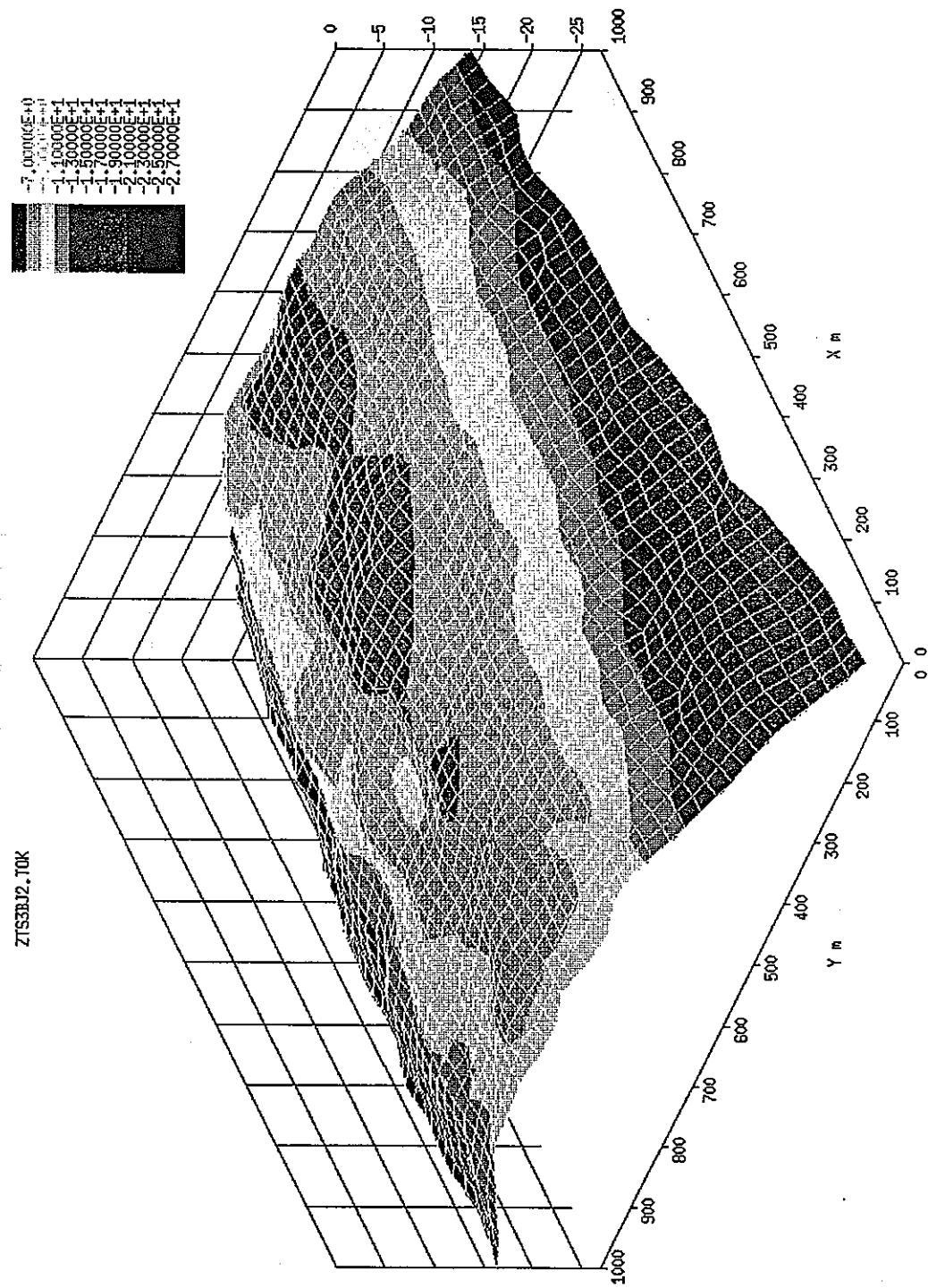


図 3-11 Conditional Simulation の例（トレンド 2 次の場合）

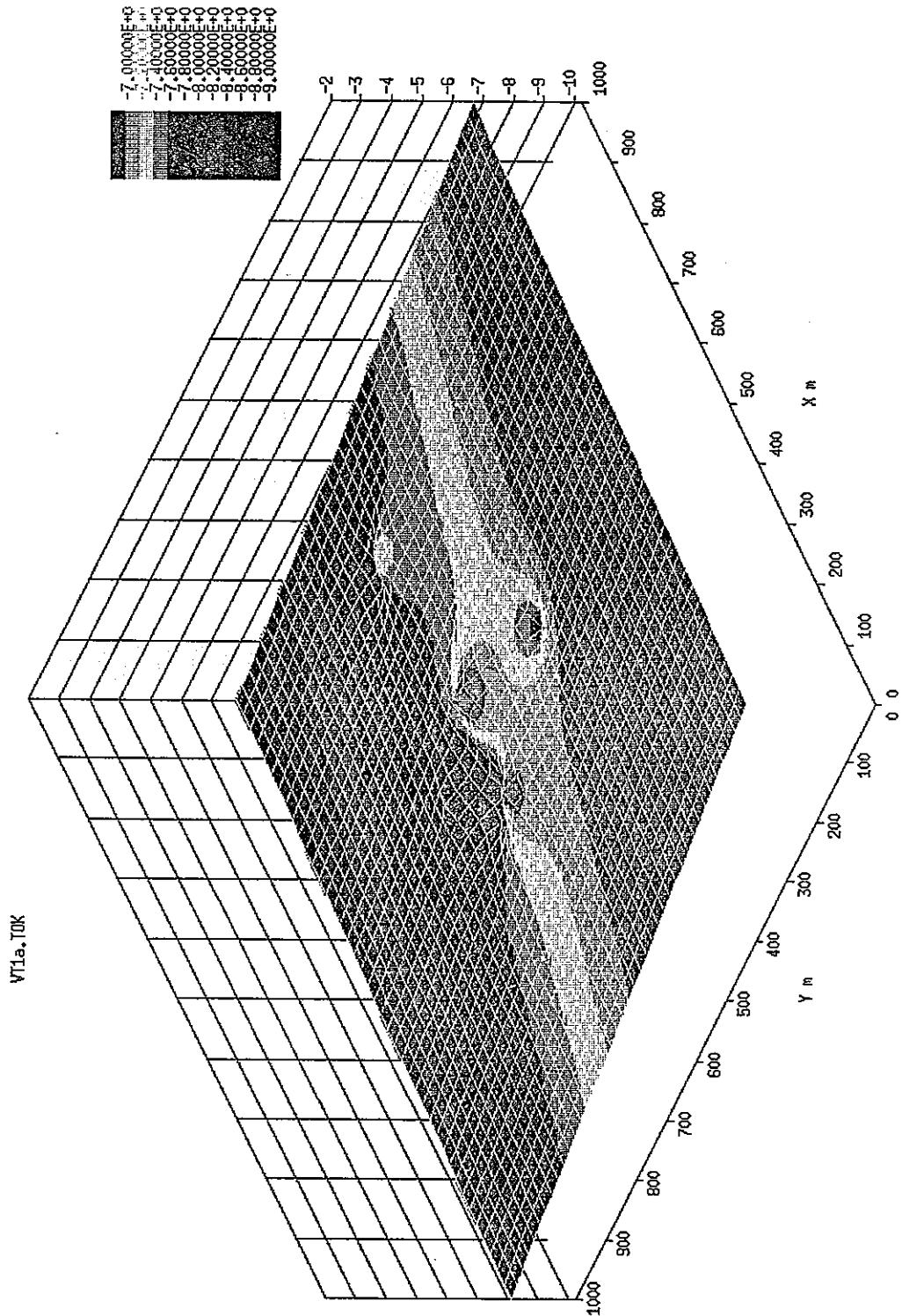


図 3-12 Universal krigingによる推定値（トレンド1次の場合）

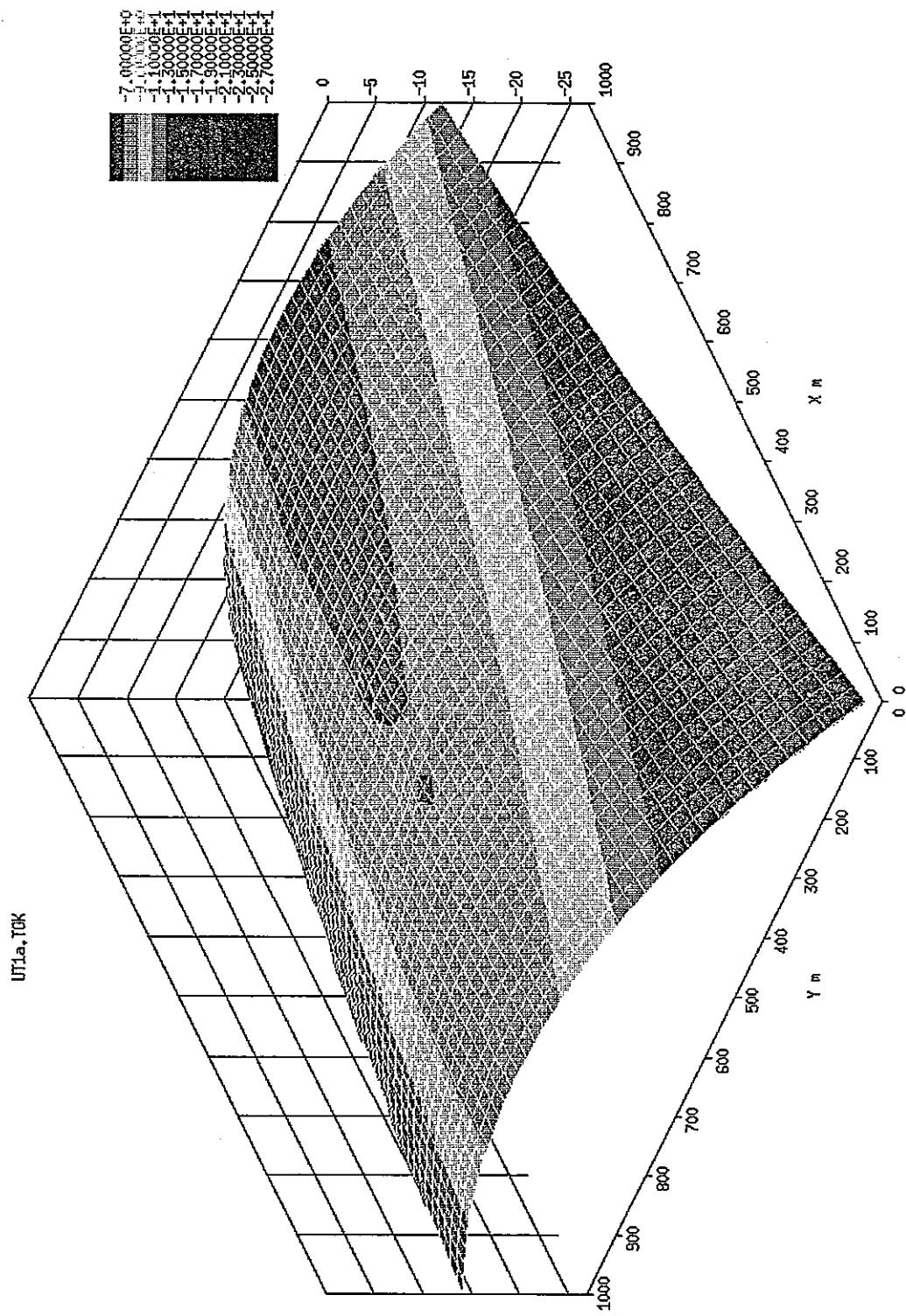


図 3-1-3 Universal kriging による推定値（トレンド2次の場合）

4. 地下水流動解析

4.1 試験体系

フィンションサイトでのトレーサ試験では、1つの井戸から地下水を揚水する揚水試験と2つの井戸を用いて、一方の井戸から地下水を揚水し、他方の井戸に揚水した地下水を注入するダイポール試験の2種類の試験が実施された（図4-1参照）。そこで、これら2種類の流速場での解析を実施した。

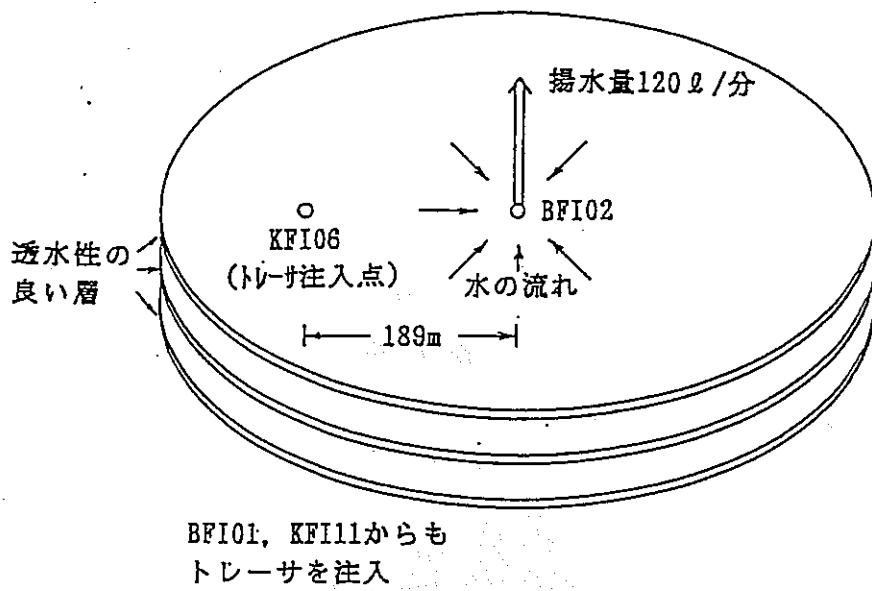
4.2 解析モデル

地下水流速の算出にあたって、水平な亀裂層での透水量係数の空間分布を考慮した。地下水流速はダルシー則に従うものとした。亀裂層での地下水流速は2次元的な流れとした。

4.3 解析結果

Kriging法により推定した透水量係数分布を用いて、地下水流速を算出し、井戸における水頭を求めた。水頭分布の例を図4-2～図4-3に示す。試験では、井戸における水頭が測定されているため、測定値と計算値を比較した。比較の表を表4-1～表4-2に示す。この表から、いずれも測定値と計算値は、比較的合っていると考えられることから、推定した透水量係数分布は妥当なものと考えられる。

揚水試験



ダイポール試験

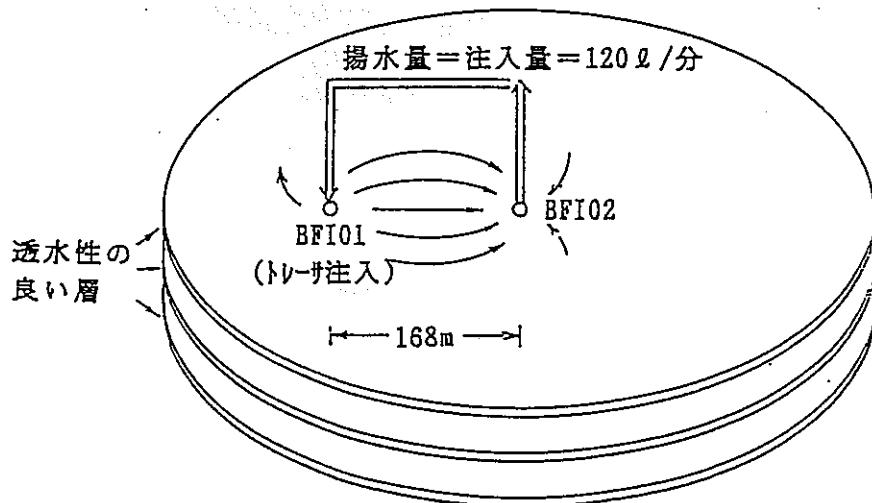


図4-1 Finnsjönの試験体系

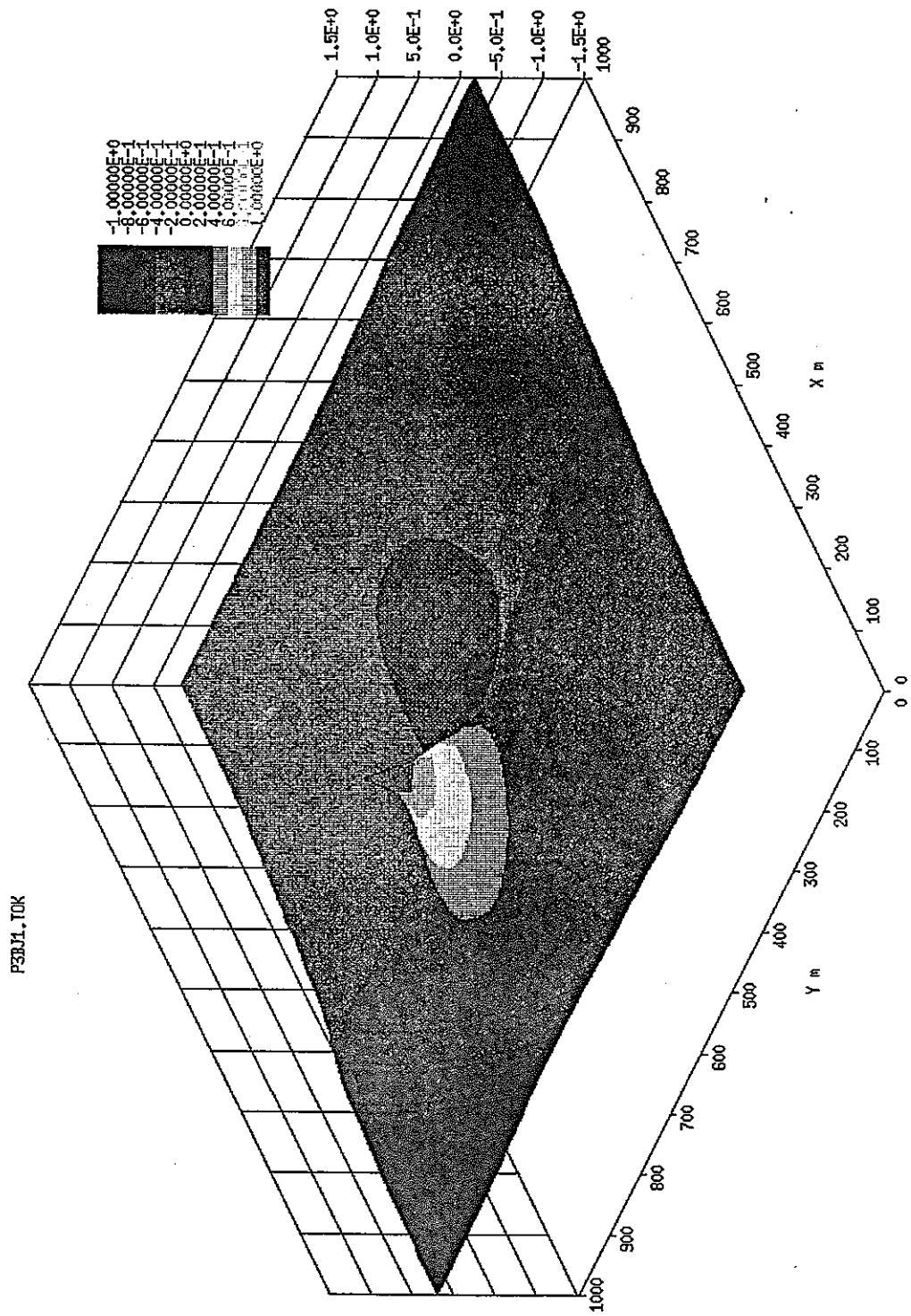


図 4-2 ダイボル試験における水頭分布の
(トレンド1次の場合のConditional Simulationによる推定値を使用)

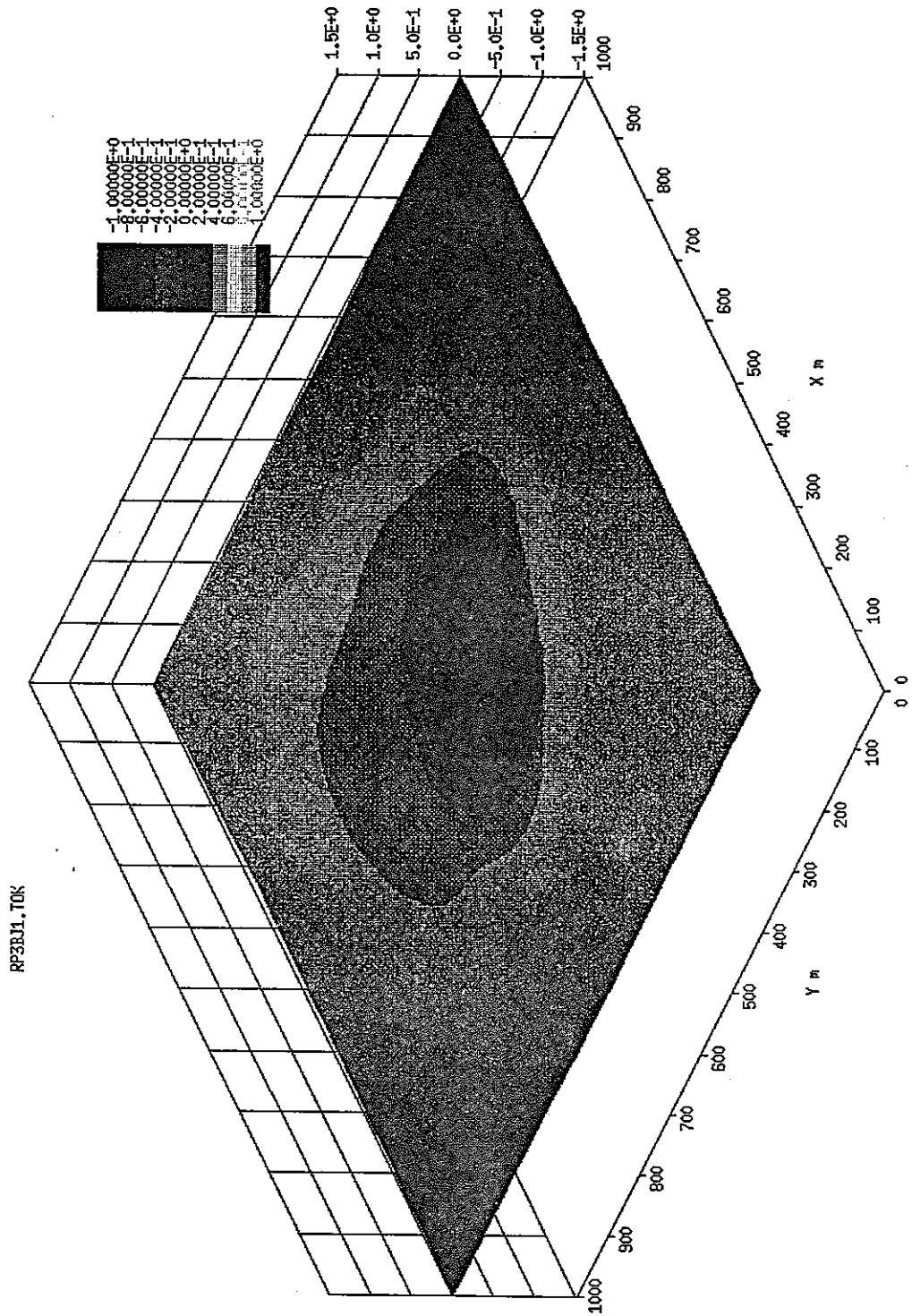


表 4 - 1 ダイポール試験における揚水区間との水頭差

(ドリフトなしの場合)

| 井戸 | 実測値 (m) | 計算値 (m) | | | |
|-------|------------|---------|------|------|------|
| | | ケース0 | ケース1 | ケース2 | ケース3 |
| BFI01 | 2.7 | 3.05 | 2.77 | 2.77 | 2.26 |
| KFI06 | 0.6~0.4 | 1.30 | 1.08 | 0.87 | 0.80 |
| KFI11 | 1.0~0.9 | 1.29 | 1.07 | 0.96 | 0.69 |

(ドリフトを1次式で近似した場合)

| 井戸 | 実測値 (m) | 計算値 (m) | | | |
|-------|------------|---------|------|------|------|
| | | ケース0 | ケース1 | ケース2 | ケース3 |
| BFI01 | 2.7 | 2.86 | 2.61 | 2.57 | 2.13 |
| KFI06 | 0.6~0.4 | 1.25 | 1.04 | 0.86 | 0.79 |
| KFI11 | 1.0~0.9 | 1.30 | 1.10 | 0.98 | 0.72 |

(ドリフトを2次式で近似した場合)

| 井戸 | 実測値 (m) | 計算値 (m) | | | |
|-------|------------|---------|------|------|------|
| | | ケース0 | ケース1 | ケース2 | ケース3 |
| BFI01 | 2.7 | 2.99 | 2.75 | 2.93 | 2.45 |
| KFI06 | 0.6~0.4 | 1.05 | 0.86 | 0.78 | 0.79 |
| KFI11 | 1.0~0.9 | 1.00 | 0.83 | 0.80 | 0.64 |

ケース0 : Kriging推定値 を使用した場合

ケース1 : Conditional Simulationによる値(標本1)を使用した場合

ケース2 : Conditional Simulationによる値(標本2)を使用した場合

ケース3 : Conditional Simulationによる値(標本3)を使用した場合

表 4 - 2 揚水試験における揚水区間との水頭差

(ドリフトなしの場合)

| 井戸 | 実測値 (m) | 計算値 (m) | | | |
|-------|------------|---------|-------|-------|-------|
| | | ケース 0 | ケース 1 | ケース 2 | ケース 3 |
| BFI01 | 1.14 | 1.44 | 1.26 | 1.03 | 0.85 |
| KFI06 | 0.62 | 1.52 | 1.40 | 1.07 | 0.87 |
| KFI11 | 0.81 | 1.41 | 1.24 | 1.01 | 0.74 |

(ドリフトを1次式で近似した場合)

| 井戸 | 実測値 (m) | 計算値 (m) | | | |
|-------|------------|---------|-------|-------|-------|
| | | ケース 0 | ケース 1 | ケース 2 | ケース 3 |
| BFI01 | 1.14 | 1.45 | 1.27 | 1.08 | 0.87 |
| KFI06 | 0.62 | 1.33 | 1.19 | 0.95 | 0.78 |
| KFI11 | 0.81 | 1.49 | 1.32 | 1.10 | 0.81 |

(ドリフトを2次式で近似した場合)

| 井戸 | 実測値 (m) | 計算値 (m) | | | |
|-------|------------|---------|-------|-------|-------|
| | | ケース 0 | ケース 1 | ケース 2 | ケース 3 |
| BFI01 | 1.14 | 0.98 | 0.91 | 0.70 | 0.64 |
| KFI06 | 0.62 | 0.89 | 0.83 | 0.61 | 0.53 |
| KFI11 | 0.81 | 1.02 | 0.98 | 0.72 | 0.57 |

ケース 0 : Kriging推定値 を使用した場合

ケース 1 : Conditional Simulationによる値（標本1）を使用した場合

ケース 2 : Conditional Simulationによる値（標本2）を使用した場合

ケース 3 : Conditional Simulationによる値（標本3）を使用した場合

5. トレーサ移行解析

5.1 試験体系

図4-1に示す地下水水流動解析と同様の体系とした。

5.2 解析モデル

透水性の高い層（亀裂帯）と透水性の低い層（ミキシング領域と母岩領域）からなるモデルとした（表5-1参照）。移行プロセスとしては、透水性の高い層での移流と分散、亀裂帯とミキシング領域間の分散、及びミキシング領域と母岩の間の拡散による移行を考えた。亀裂帯とミキシング領域の間の分散による移行、及びミキシング領域と母岩の間の拡散による移行を考えることで、トレーサ移行の遅延効果が説明できると考えられる。

5.3 移行パラメータの推定方法

トレーサ試験では、井戸での破過曲線が得られているため、測定された破過曲線に計算値をフィッティングすることにより、移行に関するパラメータを算出した。フィッティングの方法には、Marquardt法を用い、算出するパラメータを逐次修正することにより、最適なパラメータを算出した。

5.4 解析手順

解析は、図5-1に示す手順で行った。トレーサ移行解析では、ダイポール試験の結果を用いて移行パラメータの算出を試みた。算出したパラメータを用いて揚水試験結果の再現性を検討した。

解析に用いたトレーサは、ダイポール試験と揚水試験に共通に使用されている4種類のトレーサ（In-edta, Tm-edta, Gd-dtpa, Iodine）とした。

5.5 解析結果

ダイポール試験での破過曲線へのフィッティング結果の例を図5-2～図5-3に示す。移行に関するパラメータは、トレーサ注入後の一定の経過時間（約200hr）までの濃度データにフィッティングすることにより算出した。算出したパラメータを表5-2に示す。

ダイポール試験結果へのフィッティングにより算出したパラメータを用いて揚水試験における破過曲線の予測計算結果の例を図5-4～図5-5に示す。

破過曲線における濃度の立ち上がり部分、ピーク位置、及びテーリング部に着目して、計算値と実測値を比較した結果を表5-3に示す。表5-3から、ダイポール試験結果へのフィッティング計算では、いずれの解析ケースにおいても、計算値と実測値は良く合っていた。一方、揚水試験結果の予測計算では、実測値の濃度変化の傾向を大略再現していると考えられる。

5.6 文献調査

統計的手法により核種移行解析を行った文献を調査した。これらの統計モデルによる移行解析では、地層の不均質性に伴う地下水流速の変動を定量的に評価し、この地下水に沿った核種移行解析を実施することで、核種移行の変動を定量的に評価している。核種移行の解析方法として、

- ・不均質性に伴う地下水流速の変動を統計分布（例えば対数正規分布）で仮定して、解析的に濃度変化を推定する方法
- ・モンテカルロ法を用いて透水係数の分布の標本サンプルを、数多く発生させ、各々の分布を用いて、移行解析を行うことにより、濃度の変化を推定する方法

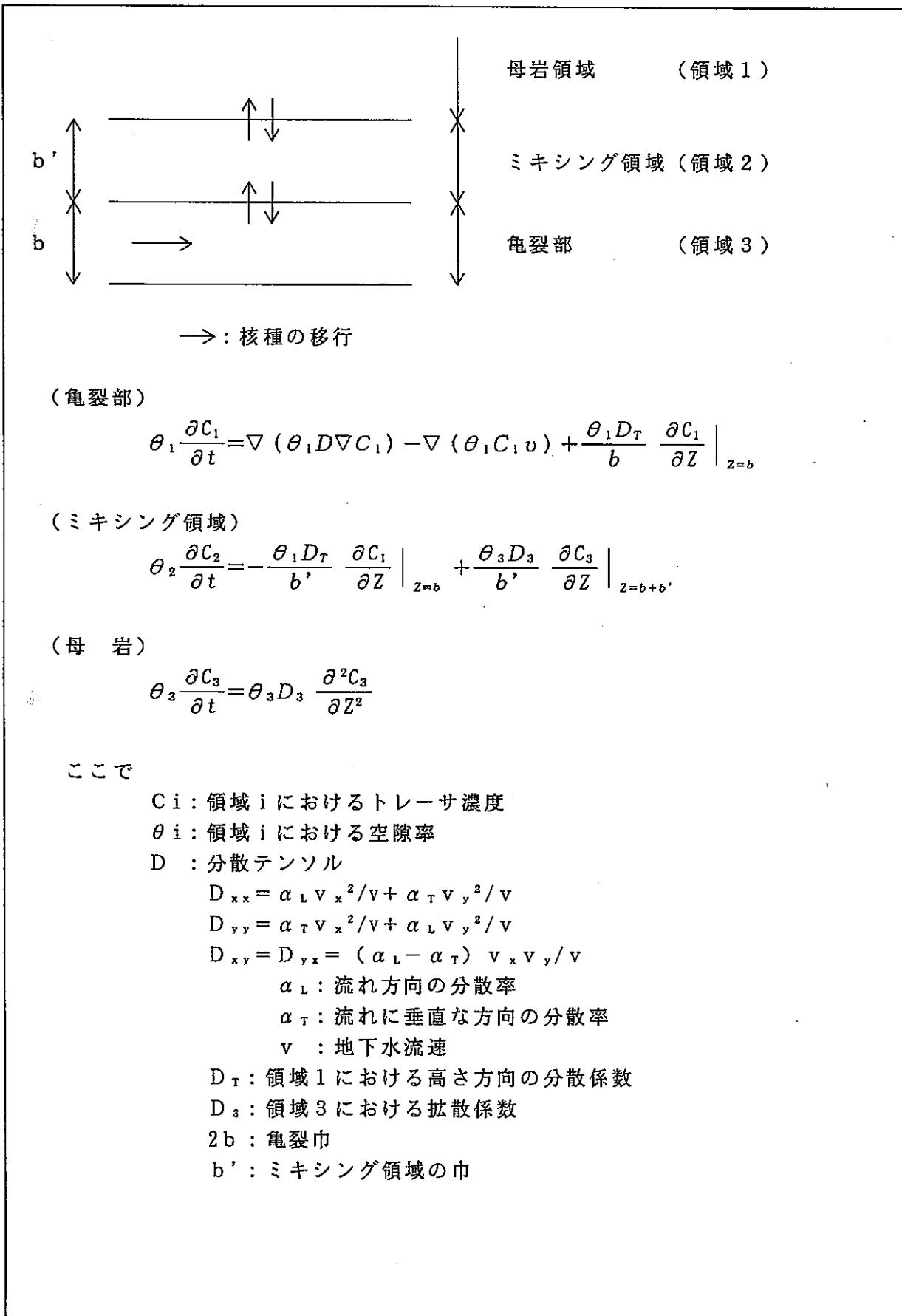
があった。

これらの方法により、地層の不均質性による核種移行への影響が定量的に示されており、その影響は無視できないことが分かった。

5.7 フィンションのテストケースの比較解析

地層中の水理物質移行モデルに関する確証研究のための国際プロジェクト INTRAVALにおいて、これに参加している各国の研究機関が、フィンションサイトで実施されたトレーサ試験に対して解析を行っている。そこで、条件が明かな同一の問題を解くことにより、モデリングの考え方、構築したモデルの信頼性について議論することを目的として、フィンションのテストケースの比較解析を行った。

表 5-1 核種移行モデル



(透水量係数の推定)

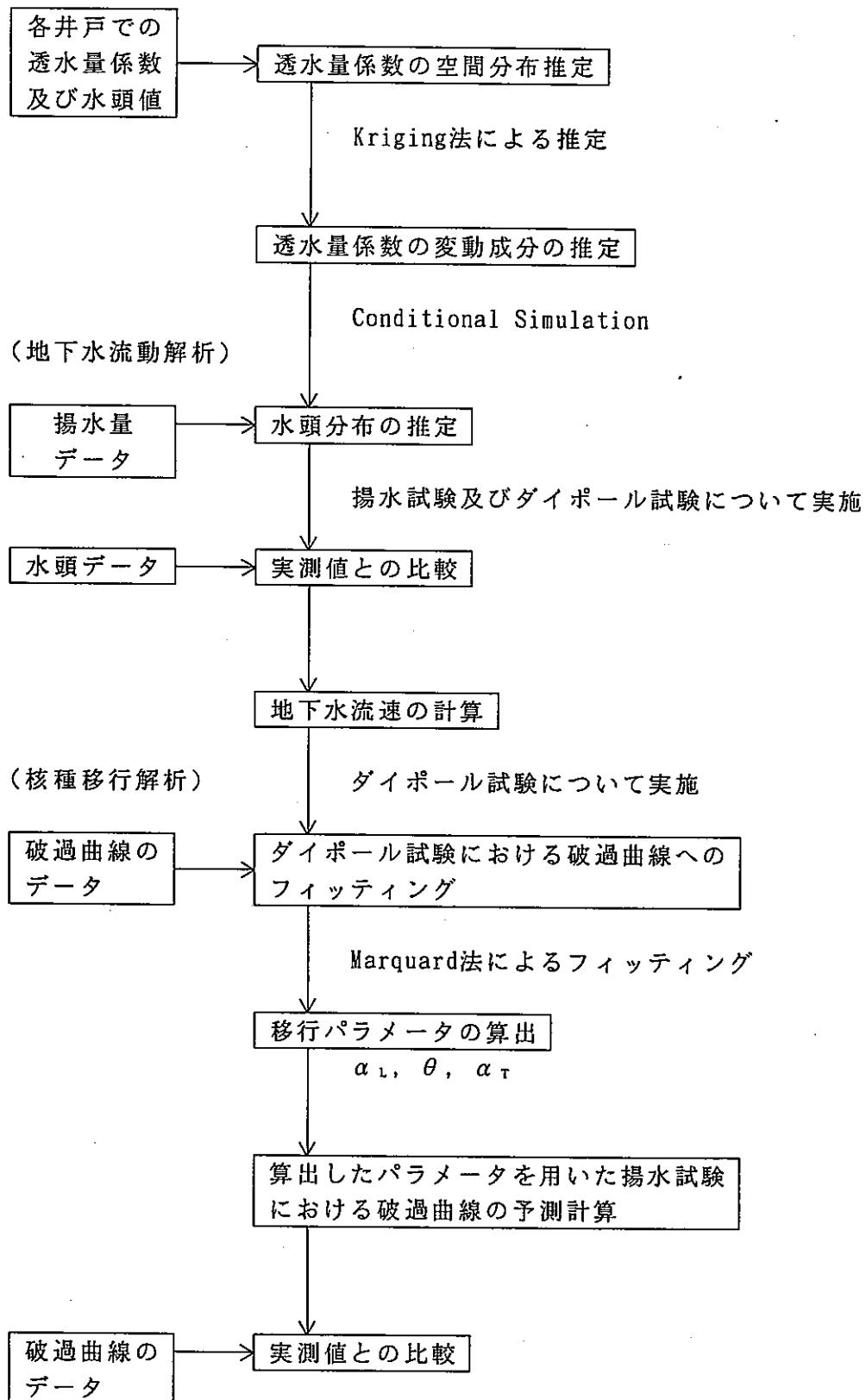


図 5-1 解析手順

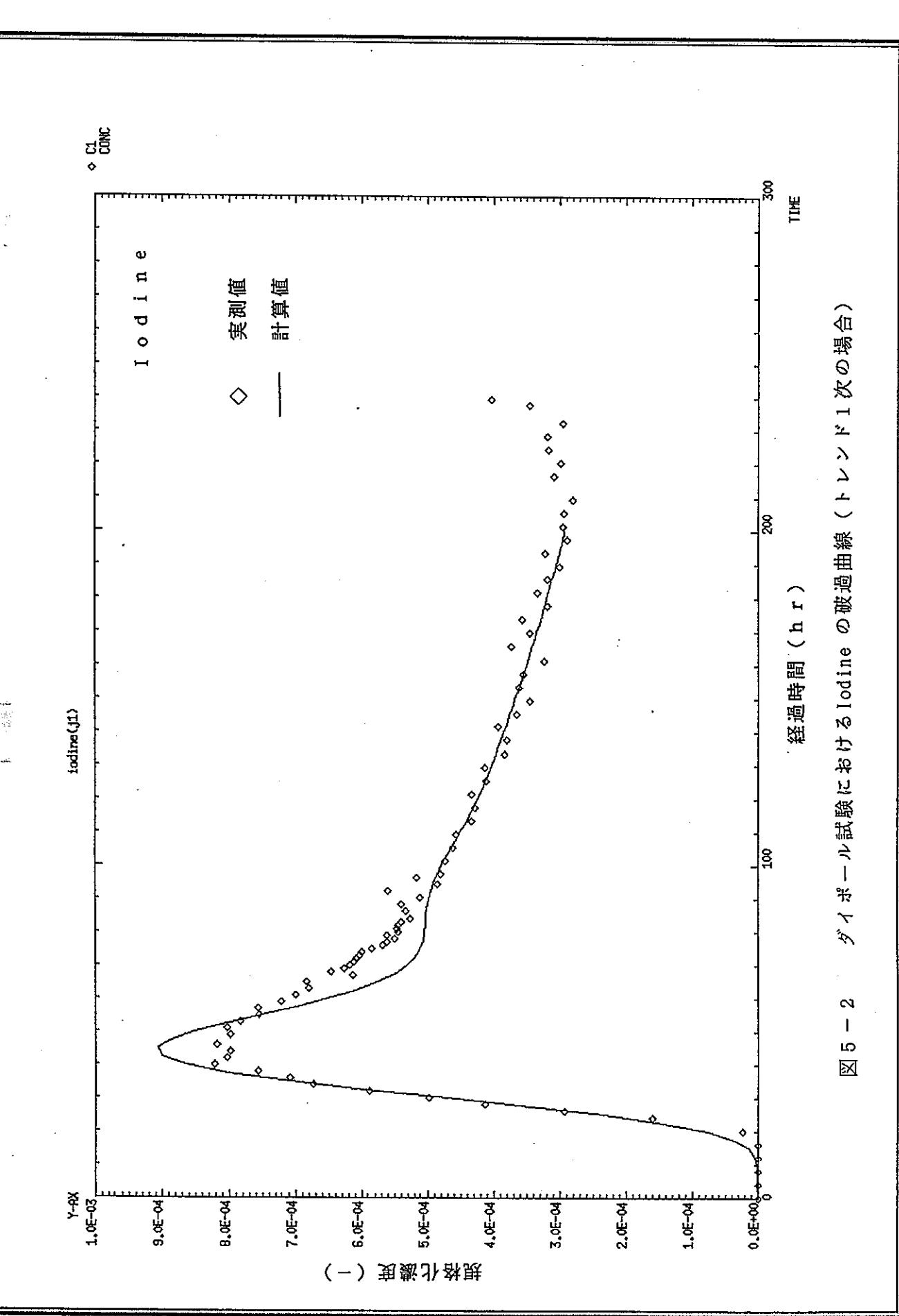


図 5-2 ダイボル試験における Iodine の破過曲線 (トレンド 1 次の場合)

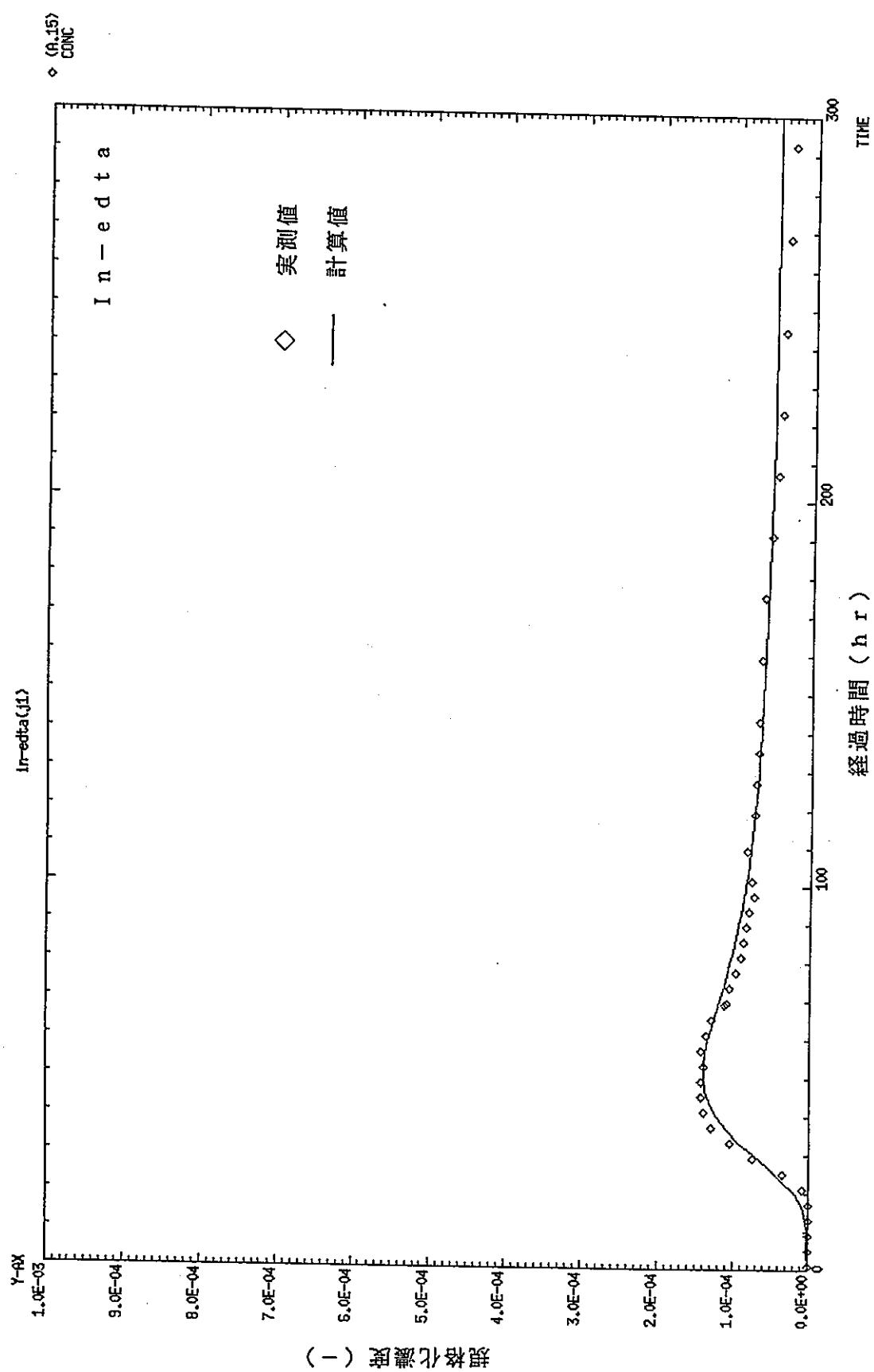


図 5-3 ダイボール試験における In-edta の破過曲線（トレンド 1 次の場合）

表5-2 ダイポール試験における算出パラメータ

(I o d i n e)

| トレンド次数 | $\alpha_L(m)$ | $\alpha_T(m)$ | $\theta(-)$ |
|--------|---------------|----------------------|----------------------|
| 0 | 7.0 | 3.5×10^{-2} | 1.0×10^{-2} |
| 1 | 7.0 | 3.5×10^{-2} | 9.0×10^{-3} |
| 2 | 7.0 | 8.4×10^{-2} | 1.2×10^{-2} |

(I n - e d t a)

| トレンド次数 | $\alpha_L(m)$ | $\alpha_T(m)$ | $\theta(-)$ |
|--------|---------------|-------------------|----------------------|
| 0 | 16.0 | 3.2×10^0 | 7.5×10^{-3} |
| 1 | 16.0 | 3.2×10^0 | 7.5×10^{-3} |
| 2 | 20.0 | 4.0×10^0 | 9.0×10^{-3} |

(G d - d t p a)

| トレンド次数 | $\alpha_L(m)$ | $\alpha_T(m)$ | $\theta(-)$ |
|--------|---------------|-------------------|----------------------|
| 0 | 15.0 | 3.0×10^0 | 6.5×10^{-3} |
| 1 | 15.0 | 3.0×10^0 | 6.5×10^{-3} |
| 2 | 17.0 | 3.4×10^0 | 8.5×10^{-3} |

(T m - e d t a)

| トレンド次数 | $\alpha_L(m)$ | $\alpha_T(m)$ | $\theta(-)$ |
|--------|---------------|-------------------|----------------------|
| 0 | 12.0 | 2.4×10^0 | 6.0×10^{-3} |
| 1 | 11.0 | 2.2×10^0 | 6.0×10^{-3} |
| 2 | 13.0 | 2.6×10^0 | 7.5×10^{-3} |

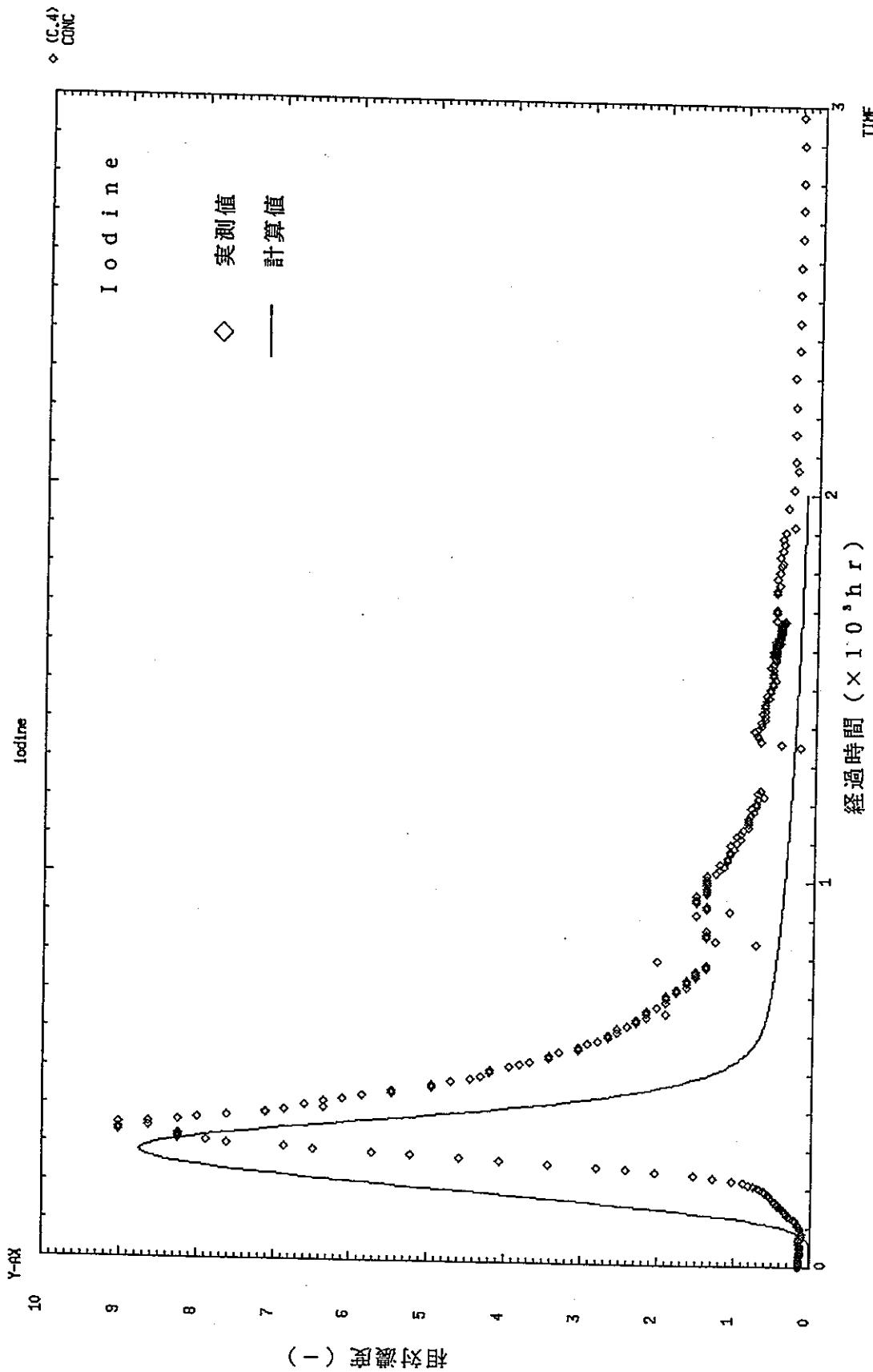


図 5-4 揚水試験における Iodine の破過曲線 (トレンド 1 次の場合)

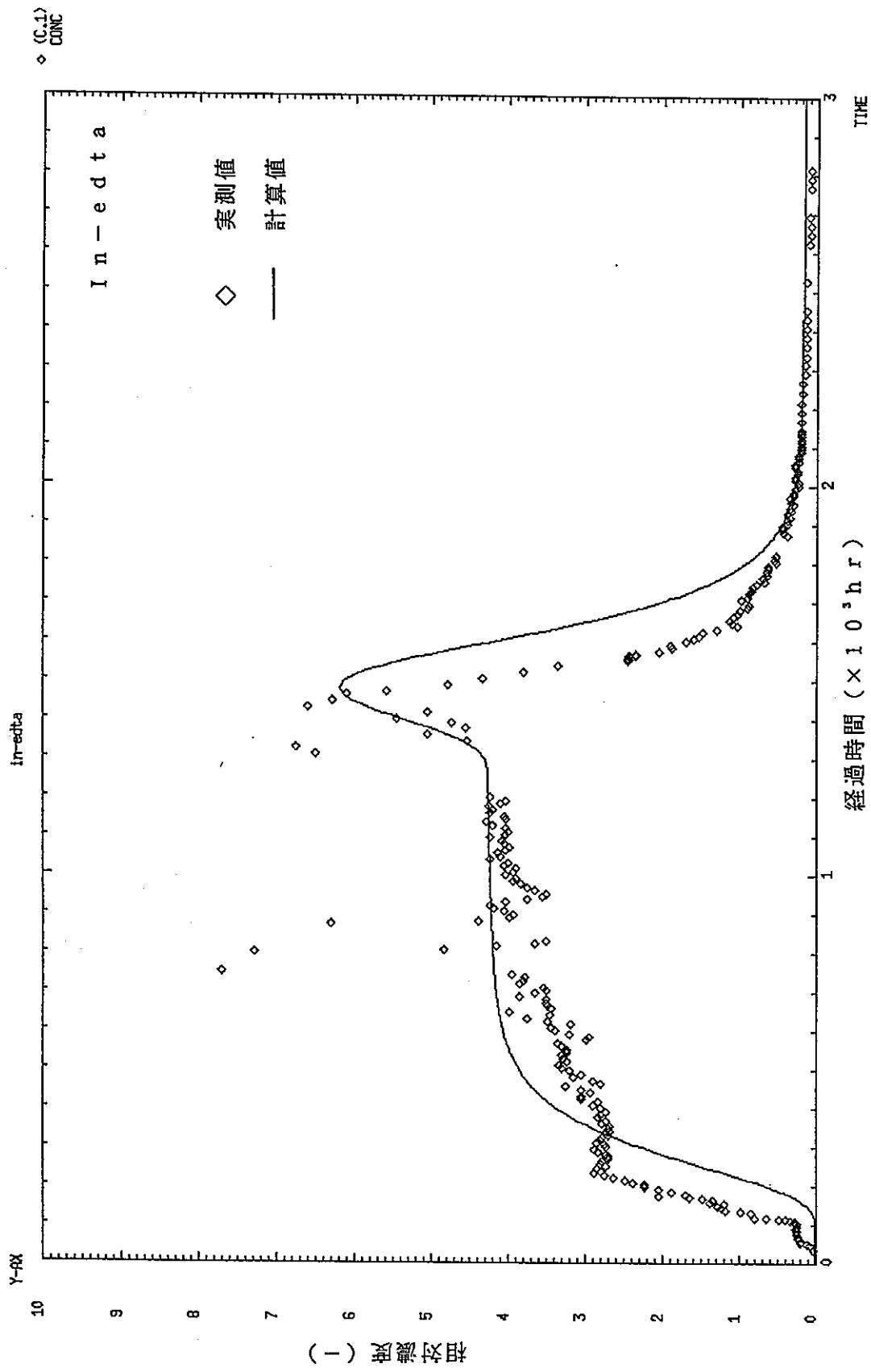


図 5-5 排水試験における In-edta の濃度曲線 (トレンド 1 次の場合)

表 5 - 3 トトレーサ試験解析ケース一覧

| 核種 | トレンド次数 | ダイポール試験結果へのフィッティング計算 | 揚水試験結果の予測計算 |
|---------|--------|----------------------|-------------|
| Iodine | 0 | ○ | △ |
| | 1 | ○ | △ |
| | 2 | ◎ | △ |
| In-EDTA | 0 | ○ | ○ |
| | 1 | ○ | ○ |
| | 2 | ○ | △ |
| Gd-DTPA | 0 | ◎ | ○ |
| | 1 | ○ | ○ |
| | 2 | ○ | × |
| Tm-EDTA | 0 | ○ | △ |
| | 1 | ◎ | △ |
| | 2 | ○ | × |

- 注) ピーク位置または濃度の立ち上がり部分の
計算値と実測値のずれ
- ◎ : $\pm 10\%$ 以内
- : $\pm 50\%$ 以内
- △ : $\pm 50\%$ 以上
または $\pm 50\%$ 以内
- × : $\pm 50\%$ 以上
- テーリング部の濃度の
計算値と実測値のずれ
- ± 10%以内
- ± 50%以内
- ± 50%以内
- ± 50%以上
- ± 50%以上

6. あとがき

地質統計法を用いることにより、地層中の不均質性を定量的に評価することができた。この不均質性をもった地層中の地下水流动及び、核種移行モデルを作成し、フィンションで実施されたトレーサ試験を対象に、解析を実施することで解析モデルの妥当性について評価することができた。

本研究における核種移行解析では、移行パラメータは一定と仮定した解析したが、実際の体系では場所ごとに変化すると考えられるため、今後、モデルに含まれるパラメータの不均質性について評価すると共に、これらのパラメータ値の物性値と対応したデータ取得について検討する必要があると考えられる。