



JAEA-Data/Code

2020-007

DOI:10.11484/jaea-data-code-2020-007

## 地下水流動解析コード MIG2DF 第2版の開発

Development of MIG2DF Version 2

高井 静霞 木村 英雄 打越 絵美子 宗像 雅広  
武田 聖司

Shizuka TAKAI, Hideo KIMURA, Emiko UCHIKOSHI, Masahiro MUNAKATA  
and Seiji TAKEDA

安全研究・防災支援部門  
安全研究センター  
燃料サイクル安全研究ディビジョン

Fuel Cycle Safety Research Division  
Nuclear Safety Research Center  
Sector of Nuclear Safety Research and Emergency Preparedness

September 2020

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Data/Code

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<https://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Institutional Repository Section,  
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,  
Japan Atomic Energy Agency.  
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2020

## 地下水流動解析コード MIG2DF 第 2 版の開発

日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門  
安全研究センター 燃料サイクル安全研究ディビジョン  
高井 静霞、木村 英雄\*1、打越 絵美子\*2、宗像 雅広<sup>+1</sup>、武田 聖司

(2020 年 6 月 1 日受理)

計算コード MIG2DF は、放射性廃棄物処分の安全評価を目的とした多孔質媒体中における地下水流動・核種移行解析コードとして、平成 4 年に第 1 版が開発された。MIG2DF 第 1 版では、2 次元（鉛直断面・水平面および軸対称 3 次元）の有限要素法によるモデルに対し、密度を考慮した飽和-不飽和浸透流解析及び核種移行解析を行うことが可能である。

一方放射性廃棄物処分では、長期的な地質・気候関連事象として、サイトに応じた隆起・侵食による地形変化や、沿岸域においては海水準変動に伴う塩淡境界の変化による地下水流動への影響を合わせて考慮する必要がある。こうした事象に対する評価手法を整備するために、本グループでは MIG2DF 第 1 版に対する改良、および、非定常な地形変化に対応した MIG2DF による解析を可能とするための外部プログラムの整備を行っている。

これらの開発のうち、本報告書では MIG2DF 第 1 版を改良した第 2 版について、その構成・解法・使用方法・検証計算を示す。また本報告書では、整備した MIG2DF の複数の外部プログラムのうち、地下水流路解析コード (PASS\_TRAC)、解析用データセット作成コード (PASS\_PRE)、および、ポスト表示コード (PASS\_POST) についても構成・解法・使用方法を示す。

---

本研究の一部は、原子力規制委員会原子力規制庁「平成 28 年度燃料デブリの処理・処分に関する予察的調査」として実施したものである。

原子力科学研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2-4

+1 安全研究センター 原子炉安全研究ディビジョン

\*1 2020 年 3 月にて退職

\*2 株式会社ナイス

Development of MIG2DF Version 2

Shizuka TAKAI, Hideo KIMURA<sup>\*1</sup>, Emiko UCHIKOSHI<sup>\*2</sup>, Masahiro MUNAKATA<sup>+1</sup> and Seiji TAKEDA

Fuel Cycle Safety Research Division  
Nuclear Safety Research Center  
Sector of Nuclear Safety Research and Emergency Preparedness  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received June 1, 2020)

The MIG2DF computer code is a computer program that simulates groundwater flow and radionuclide transport in porous media for the safety assessment of radioactive waste disposal. The original version of MIG2DF was released in 1992. The original code employs a two-dimensional (vertical or horizontal cross-section, or an axisymmetric configuration) finite element method to approximate the governing equations for density-dependent saturated-unsaturated groundwater flow and radionuclide transport.

Meanwhile, for geological disposal of radioactive wastes, landscape evolution such as uplift and erosion needs to be assessed as a long-term geological and climate events, considering site conditions. In coastal areas, the impact to groundwater flow by change of salinity distribution to sea level change also needs to be considered. To deal with these events in the assessment, we have revised the original version of MIG2DF and developed the external program which enables MIG2DF to consider unsteady landscape evolution.

In these developments, this report describes an upgrade of MIG2DF (Version 2) and presents the configuration, equations, methods, and verification. This report also gives the explanation external programs of MIG2DF: PASS\_TRAC (the particle tracking code), PASS\_PRE (the code for dataset preparation), and PASS\_POST (the post-processing visualization system).

Keywords: Groundwater Flow, Radionuclide Transport, Finite Element Method, Saturated-unsaturated, Advection, Dispersion, Sorption, Geological Disposal, Landscape Evolution, Sea Level Change

---

This research is funded by the Secretariat of Nuclear Regulation Authority, Nuclear Regulation Authority, Japan.

+1 Reactor Safety Research Division, Nuclear Safety Research Center

\*1 Nuclear Safety Research Center until March 31, 2020

\*2 Nippon Advanced Information Service

## 目 次

1. はじめに.....	1
2. 基礎理論.....	2
2.1 支配方程式.....	2
2.1.1 浸透流解析.....	2
2.1.2 核種移行解析.....	3
2.1.3 塩分濃度解析.....	3
2.2 境界条件.....	4
2.2.1 浸透流解析.....	4
2.2.2 核種移行解析.....	4
2.2.3 塩分濃度解析.....	4
3. 数値モデル.....	5
3.1 有限要素法による離散化.....	5
3.1.1 浸透流解析.....	5
3.1.2 核種移行解析.....	6
3.1.3 塩分濃度解析.....	8
3.2 有限要素.....	11
3.2.1 アイソパラメトリック要素.....	11
3.2.2 風上重み関数.....	12
3.3 時間項の取り扱いと非線形特性の考慮.....	14
3.3.1 浸透流解析.....	14
3.3.2 核種移行解析.....	15
3.3.3 塩分濃度解析.....	16
4. 計算上の取り扱いと入力条件.....	18
4.1 行列解法.....	18
4.2 境界条件の取り扱い.....	18
4.2.1 降雨浸透境界条件.....	18
4.2.2 浸出面境界条件.....	19
4.2.3 連成境界条件.....	21
4.2.4 境界条件を設定しない場合.....	21
4.3 物性値の設定.....	22
4.3.1 不飽和浸透特性.....	22
4.3.2 深度に依存した透水係数・間隙率.....	22
5. 検証計算.....	24
5.1 被圧帯水層井戸への流れ (Theis の問題).....	25
5.2 グラウトされたトンネルへの流入.....	27
5.3 均質な媒体中での一様な流れによる保存性物質の移動.....	28
5.4 海岸帯水層への塩水侵入 (Henry 問題).....	30
5.5 島嶼の塩水—淡水境界.....	32

6. 外部プログラム.....	37
7. 動作環境.....	38
8. おわりに.....	38
謝辞.....	38
参考文献.....	39
付録	
Appendix- I プログラムの構成.....	41
Appendix- II 入力データおよび出力データ.....	45
Appendix-III 入力データ.....	46
Appendix-IV 実行方法.....	122
Appendix-V 粒子追跡解析コード PASS_TRAC.....	123
Appendix-VI 解析用データセット作成コード PASS_PRE.....	128
Appendix-VII ポスト表示コード PASS_POST.....	139

Contents

1. Introduction .....	1
2. Fundamental theory .....	2
2.1 Governing equation.....	2
2.1.1 Saturated-unsaturated variable-density ground-water flow analysis.....	2
2.1.2 Radionuclide transport analysis.....	3
2.1.3 Salinity distribution analysis.....	3
2.2 Boundary conditions .....	4
2.2.1 Saturated-unsaturated variable-density ground-water flow analysis.....	4
2.2.2 Radionuclide transport analysis.....	4
2.2.3 Salinity distribution analysis.....	4
3. Numerical model .....	5
3.1 Discretization by Finite Element Method .....	5
3.1.1 Saturated-unsaturated variable-density ground-water flow analysis.....	5
3.1.2 Radionuclide transport analysis.....	6
3.1.3 Salinity distribution analysis.....	8
3.2 Finite Element .....	11
3.2.1 Isoparametric element.....	11
3.2.2 Up-stream test functions .....	12
3.3 Treatment of time dependent terms and nonlinear terms.....	14
3.3.1 Saturated-unsaturated variable-density ground-water flow analysis.....	14
3.3.2 Radionuclide transport analysis.....	15
3.3.3 Salinity distribution analysis.....	16
4. Numerical method and input conditions.....	18
4.1 Method for solving matrix equation .....	18
4.2 Treatment of boundary conditions.....	18
4.2.1 Recharge boundary condition.....	18
4.2.2 Seepage-face boundary condition .....	19
4.2.3 Mixed-type boundary condition .....	20
4.2.4 Boundary condition applied for unspecified boundary .....	21
4.3 Setting of material data .....	22
4.3.1 Unsaturated hydraulic conductivity.....	22
4.3.2 Depth-dependent hydraulic conductivity and porosity.....	22
5. Verification.....	24
5.1 Radial flow to a well in confined aquifer (Theis problem).....	25
5.2 Water inflow to a grouted tunnel .....	27
5.3 Transport of conservative material by uniform flow in homogeneous media .....	28
5.4 Seawater intrusion into coastal aquifer (Henry problem).....	30
5.5 Freshwater-seawater interface of small islands.....	32

6. External programs .....	37
7. Operating environment.....	38
8. Concluding remarks .....	38
Acknowledgement.....	38
References .....	39
Appendix	
Appendix- I Structure of MIG2DF code .....	41
Appendix- II Input and output file.....	45
Appendix-III Input data .....	46
Appendix-IV Start command.....	122
Appendix-V PASS_TRAC (the particle tracking code) .....	123
Appendix-VI PASS_PRE (the code for dataset preparation).....	128
Appendix-VII PASS_POST (the post-processing visualization system).....	139



## 1. はじめに

MIG2DF は、多孔質媒体中の地下水流動および核種移行の評価コードとして、平成4年に第1版が公開された<sup>1)</sup>。MIG2DF 第1版では、2次元（鉛直断面・水平面および軸対称3次元）のモデルに対し、有限要素法により以下に関する支配方程式を近似的に解くことができた。

- 密度を考慮した飽和—不飽和浸透流解析
- 核種移行解析

地下水流の支配方程式はダルシー則に基づいたものであり、Neuman<sup>2)</sup>および赤井ほか<sup>3)</sup>により提唱されたモデルを参考に、Galerkin 有限要素法を用いて離散化されている。核種移行解析では、移流、水理力学的分散、平衡収着及び核種の崩壊連鎖を考慮することができ、支配方程式は Bubnov-Galerkin（上流型）有限要素法を用いて離散化されている。

一方放射性廃棄物処分では、長期的な地質・気候関連事象として隆起・侵食による地形変化を考慮する必要がある。また、沿岸域においては海水準変動に伴う塩淡境界の変化による地下水流動への影響を合わせて考慮する必要がある。これらの事象に対する評価手法を整備するために、第2版では塩分濃度解析を明示的に行えるようにし、主に以下に示す改良・拡張を行った。

- 浸透流解析
  - ・ 可変境界条件（浸出面境界・降雨浸透境界）に対する計算上の取り扱いの変更：  
安定的な解析のための計算方法（境界条件の切り替え判定基準）の改良
- 核種濃度解析・塩分濃度解析
  - ・ 従来解法（風上法）に対するオプション機能の追加：  
精度向上のための拡張（上流パラメータの自動計算機能等）
  - ・ 塩分濃度解析に対する新たな解法・連成境界条件の追加：  
オイリアン・ラグランジアン法（EL法）の追加、浸透流解析の可変境界条件に対応した移流分散解析境界条件（連成境界条件）の追加
- その他
  - ・ 深度依存性を考慮した物性値設定機能の追加：  
任意の基準により要素の深度を計算し、物性値（透水係数・間隙率）の深度依存性を設定する機能の追加

以下に、MIG2DF 第2版における基礎理論（第2章）・数値モデル（第3章）・計算上の取り扱い（第4章）・検証計算の結果（第5章）について示す。MIG2DF のプログラム構成、インプットファイル・アウトプットファイル、入力データ、実行方法については、Appendix I、II、IIIに示す。

また MIG2DF の外部プログラムとして、粒子追跡解析コード（PASS\_TRAC）、地下水流・核種移行解析用データセット作成コード（PASS\_PRE）、ポスト表示コード（PASS\_POST）を整備した。これらについて概要を第6章に示す。各コードの構成・使用方法・実行方法は Appendix IV、V、VIに示す。一連のプログラムの動作環境については、第7章に示す。

## 2. 基礎理論

### 2.1 支配方程式

#### 2.1.1 浸透流解析

密度を考慮した浸透流の支配方程式として、連続の式およびダルシーの式を用いる。

#### 連続の式 (質量保存)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\theta\rho_f) + \nabla \cdot (\rho_f \mathbf{u}) = Q_f \quad (1)$$

- $\theta$  : 体積含水率 (-)  
 $\rho_f$  : 流体の密度 (M/L<sup>3</sup>)  
 $\mathbf{u}$  : ダルシー流速ベクトル (L/T)  
 $t$  : 時刻 (T)  
 $Q_f$  : 単位体積あたりのソース (湧水) / シンク (排水) 流量 (M/L<sup>3</sup>/T)

(1)式の第1項は、圧力水頭を用いて次式のように表される。

$$\frac{\partial}{\partial t}(\theta\rho_f) = \rho_f(C + SS_w) \frac{\partial h_p}{\partial t} \equiv \rho_f C' \frac{\partial h_p}{\partial t} \quad (2)$$

$$C = \varepsilon \frac{\partial S}{\partial h_p} \quad (3)$$

$$S_w = \rho_0 g (\alpha + \varepsilon \beta) \quad (4)$$

- $S$  : 飽和度 (-) ( $\theta = \varepsilon S, 0 \leq S \leq 1$ )  
 $\rho_0$  : 淡水の密度 (M/L<sup>3</sup>)  
 $h_p$  : 淡水に対する圧力水頭 (L) ( $h_p = p/\rho_0 g, p$  : 圧力 (M/L/T<sup>2</sup>))  
 $C$  : 比水分容量 (1/L)  
 $S_w$  : 比貯留係数 (1/L)  
 $\alpha$  : 土の圧縮係数 (LT<sup>2</sup>/M)  
 $\beta$  : 流体の圧縮係数 (LT<sup>2</sup>/M)  
 $g$  : 重力加速度 (L/T<sup>2</sup>)  
 $\varepsilon$  : 間隙率 (-)

飽和領域では、 $\partial S/\partial t = 0$ より比水分容量は0となる。不飽和領域では、通常飽和度 $S$ の変化に比べて土/流体の圧縮の効果が極めて小さいことから、比貯留係数 $S_w$ は無視できる。

#### ダルシーの式

$$\mathbf{u} = -K_f \cdot \left[ \nabla (h_p + h_e) - \mathbf{e}_z \frac{\rho_f - \rho_0}{\rho_0} \right] \quad (5)$$

- $K_f$  : 透水係数テンソル (L/T)  
 $h_e$  : 位置水頭 (L)  
 $\mathbf{e}_z$  : 重力方向の単位ベクトル (-)

### 2.1.2 核種移行解析

核種移行に対し、移流・分散・固体表面への吸着・放射性崩壊を考慮した移流分散方程式は、以下のように表される<sup>4,5)</sup>。

$$\nabla \cdot (D\nabla C_k - \mathbf{u}C_k) = \frac{\partial}{\partial t}(\theta R_k C_k) + \lambda_k \theta R_k C_k - \sum_{m=1}^{k-1} \xi_{km} \lambda_m \theta R_m C_m - Q_k \quad (6)$$

$$D_{ij} = a_T |\mathbf{u}| \delta_{ij} + (a_L - a_T) \frac{u_i u_j}{|\mathbf{u}|} + \varepsilon D_d \tau \delta_{ij} \quad (7)$$

$$R_k = 1 + \frac{\rho_s (1 - \varepsilon) K_{dk}}{\theta} \quad (8)$$

$D$	: 分散テンソル (L <sup>2</sup> /T)
$C_k$	: 核種 $k$ の濃度 (M/L <sup>3</sup> )
$R_k$	: 核種 $k$ の遅延係数 (L <sup>3</sup> /M)
$\lambda_k$	: 核種 $k$ の減衰定数 (1/T)
$\xi_{km}$	: 核種 $m$ (親核) から核種 $k$ (娘核) への分岐比 (-)
$Q_k$	: 核種 $k$ の流入量 (M/L <sup>3</sup> /T)
$a_T$	: 横分散長 (L)
$a_L$	: 縦分散長 (L)
$D_d$	: 分子拡散係数 (L <sup>2</sup> /T)
$\tau$	: 屈曲率 (-)
$\rho_s$	: 固相の真密度 (M/L <sup>3</sup> )
$K_{dk}$	: 核種 $k$ の分配係数 (L <sup>3</sup> /M)

ここで、 $\rho_s$ は水が浸透可能な間隙部を除いた固体部分のみの密度であり、多くの場合間隙を含む媒体の密度 $\rho_b$  (乾燥密度) から次のように求められる。

$$\rho_b = \rho_s (1 - \varepsilon) \quad (9)$$

### 2.1.3 塩分濃度解析

塩分濃度解析では、淡水密度および海水密度に対して規格化した塩分濃度 $c$ に対する解を求める。流体の密度と規格化した塩分濃度は、以下のように関連付けられる。

$$\rho_f = \rho_0 (1 + \gamma c), \gamma \equiv (\rho_s - \rho_0) / \rho_0 \quad (10)$$

$c$	: 規格化された塩分濃度 ( $0 \leq c \leq 1$ )
$\rho_s$	: 海水の密度 (M/L <sup>3</sup> )

このとき、浸透流解析における方程式は以下ようになる。

$$\rho_0 \theta \gamma \frac{\partial c}{\partial t} + \rho_f C' \frac{\partial h_p}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_f \mathbf{u}) = Q_f \quad (11)$$

移流分散に対する方程式は以下ようになる。これは、核種移行解析における方程式 (6) (放射性崩壊を考慮しない) で $C = \gamma c$ としたものに等しい。

$$\frac{\partial(\theta R c)}{\partial t} = \nabla \cdot (D\nabla c - \mathbf{u}c) - \lambda \theta R c + Q \quad (12)$$

$Q$	: 規格化された塩分濃度に対するソース/シンク項 (-)
-----	------------------------------

## 2.2 境界条件

### 2.2.1 浸透流解析

- ・ 既知水頭境界条件（第1種境界）

$$h_p = \overline{h_p} \quad (13)$$

- ・ 既知流量境界条件（第2種境界）

$$u_n = \overline{u_n} \quad (14)$$

- ・ 可変境界条件

可変境界条件は反復計算によって、節点における圧力水頭または流量の計算結果に応じて、節点に与える境界条件（既知水頭境界条件または既知流量境界条件）を変化させるものである。MIG2DFでは以下の2つの条件を考慮できる。

#### a) 降雨浸透境界条件

地盤の浸透能を考慮した降雨の浸透・浸出の評価に対応する。不飽和時は既知流量境界条件（流量：設定降雨量）、飽和時は既知水頭境界条件（大気圧）が与えられる。

#### b) 浸出面境界条件

法面等における地下水の浸出や、モデルが水体（海や湖等）に接する場合に水面が上下移動する場合等の評価に対応する。不飽和時は既知流量境界条件（流量が設定されていない場合：不透水）、飽和時は既知水頭境界条件（水面より上：大気圧、水面より下：水圧）が与えられる。

これらの計算上の取り扱いについては4.2.1および4.2.2に示す。

### 2.2.2 核種移行解析

- ・ 既知濃度境界条件（第1種境界）

$$C_k = \overline{C_k} \quad (15)$$

- ・ 既知濃度勾配境界条件（第2種境界）

$$q_{nk} = -\mathbf{n} \cdot \nabla C_k \quad (16)$$

- ・ 既知分散フラックス境界条件（第2'種境界）

$$q_{nk} = -\mathbf{n} \cdot D \nabla C_k \quad (17)$$

- ・ 既知全フラックス境界条件（第3種境界）

$$q_{nk} = \mathbf{n} \cdot [\mathbf{u} C_k - D \nabla C_k] \quad (18)$$

### 2.2.3 塩分濃度解析

境界条件は核種移行解析のものと等しい。ただし、EL法（3.1.3を参照）では浸透流解析の可変境界条件と連成した境界条件を扱うことができる。これについては4.2.3に示す。

### 3. 数値モデル

#### 3.1 有限要素法による離散化

MIG2DF では、有限要素法により解が求められる。有限要素法では、各解析の支配方程式の残差に重みをかけたものを領域全体にわたって積分することで、領域全体での残差を 0 とする重み付き残差法が用いられている。

##### 3.1.1 浸透流解析

浸透流解析はガラーキソ法により解かれる。重み関数を  $\delta h_p$  とすると、(1)式および(2)式より

$$\int_V \left( \nabla \cdot (\rho_f \mathbf{u}) - Q_f + \rho_f C' \frac{\partial h_p}{\partial t} \right) \delta h_p dV = 0 \quad (19)$$

ガウスの定理より

$$\int_V \left( -\rho_f \mathbf{u} \cdot \nabla \delta h_p + \left( \rho_f C' \frac{\partial h_p}{\partial t} - Q_f \right) \delta h_p \right) dV + \int_S \rho_f u_n \delta h_p dS = 0 \quad (20)$$

ここで  $u_n$  は  $\mathbf{u}$  の法線方向の成分を表す。ガラーキソ法では、解である  $h_p$  と重み関数  $\delta h_p$  を同じ形状関数の線形結合で近似する。

$$h_p = \sum_i h_{p_i}(t) N_i(\mathbf{r}) \quad (21)$$

$$\delta h_p = \sum_i \delta h_{p_i}(t) N_i(\mathbf{r}) \quad (22)$$

(5)式を(10)式に代入すると

$$\begin{aligned} \delta h_{p_i} \left[ \int_V \left\{ \nabla N_i \cdot \left( \rho_f K_f \sum_j \nabla N_j h_{p_j} \right) + \nabla N_i \cdot \left( \rho_f K_f \frac{\rho_f - \rho_0}{\rho_0} \mathbf{e}_z \right) \right. \right. \\ \left. \left. + N_i \left( \rho_f C' \sum_j N_j \frac{\partial h_{p_j}}{\partial t} - Q_f \right) \right\} dV \right] + \delta h_{p_i} \int_S N_i \rho_f u_n dS = 0 \end{aligned} \quad (23)$$

よって、任意の  $\delta h_{p_i}$  および  $h_{p_i}$  に対し、以下の連立方程式が成り立つ。

$$K_{ij} h_{p_j} + B_i - Q_i + q_i + C_{ij} \frac{\partial h_{p_j}}{\partial t} = 0 \quad (24)$$

$$K_{ij} = \int_V \nabla N_i \cdot (\rho_f K_f \nabla N_j) dV \quad (\text{透水マトリックス}) \quad (25)$$

$$B_i = \int_V \nabla N_i \cdot \left( \rho_f K_f \frac{\rho_f - \rho_0}{\rho_0} \mathbf{e}_z \right) dV \quad (\text{位置水頭ベクトル}) \quad (26)$$

$$Q_i = \int_V N_i Q_f dV \quad (\text{湧水ベクトル}) \quad (27)$$

$$q_i = \int_S N_i \rho_f u_n dS \quad (\text{境界流水ベクトル}) \quad (28)$$

$$C_{ij} = \int_V N_i \rho_f C' N_j dV \quad (\text{比水分容量マトリックス}) \quad (29)$$

### 3.1.2 核種移行解析

核種移行解析は、風上法<sup>1</sup>により解くことができる。重み関数を $\delta C_k$ とすると、(6)式より $\varphi R_k$ の時間微分が無視できるとすると

$$\int_V \delta C_k \left[ \theta R_k \frac{\partial C_k}{\partial t} - \nabla \cdot (D \nabla C_k - \mathbf{u} C_k) + \theta R_k \lambda_k C_k - \sum_{m=1}^{k-1} \xi_{km} \lambda_m \theta R_m C_m - Q_k \right] dV = 0 \quad (30)$$

ガウスの定理より

$$\begin{aligned} & \int_V \delta C_k \theta R_k \frac{\partial C_k}{\partial t} dV - \int_S \delta C_k (D \nabla C_k - \mathbf{u} C_k) \cdot \mathbf{n} dS + \int_V (D \nabla C_k - \mathbf{u} C_k) \cdot \nabla \delta C_k dV \\ & + \int_V \delta C_k \theta R_k \lambda_k C_k dV - \int_V \delta C_k \sum_{m=1}^{k-1} \xi_{km} \lambda_m \theta R_m C_m dV - \int_V \delta C_k Q_k dV \\ & = 0 \end{aligned} \quad (31)$$

$C_k$ および $\delta C_k$ を形状関数の線形結合で近似する。ただし、移流項・分散項((20)式第2項・第3項)については、重み関数を風上重み関数の線形結合で近似する。

$$C_k = \sum_i C_{k_i}(t) N_i(\mathbf{r}) \quad (32)$$

$$\delta C_k = \sum_i \delta C_{k_i}(t) N_i(\mathbf{r}) \quad (33)$$

$$\text{or} = \sum_i \delta C_{k_i}(t) w_i(\mathbf{r}) \quad ((21)\text{式第2項} \cdot \text{第3項}) \quad (34)$$

なお、分散項((20)式第2項)については、重み関数として形状関数を選択することもできる。このとき、任意の $\delta C_{k_i}$ および $C_{k_i}$ に対して以下の連立方程式が成り立つ。

$$T_{ij} \frac{\partial C_{kj}}{\partial t} + (A_{ij} + q_{ij} + U_{ij} + G_{ij}) C_{kj} + Q_i + d_i = 0 \quad (35)$$

<sup>1</sup> 風上法において、風上重み関数の上流パラメータをすべて0とした場合、ガラーキン法となる。

$$T_{ij} = \int_V \theta R_k N_i N_j dV \quad (36)$$

$$A_{ij} = \int_V \nabla w_i D \nabla N_j dV \quad (37)$$

$$q_{ij} = \int_S w_i \mathbf{n} \cdot D \nabla N_j dS \quad (38)$$

$$U_{ij} = - \int_V w_i \mathbf{u} \cdot \nabla N_j dV \quad (39)$$

$$G_{ij} = \int_V \theta R_k \lambda_k N_i N_j dV \quad (40)$$

$$Q_i = - \int_V N_i Q_k dV \quad (41)$$

$$d_i = - \int_V N_i \sum_{m=1}^{k-1} \xi_{km} \lambda_m \theta R_m N_j C_{kj} dV \quad (42)$$

オプション機能として、移流項に部分積分・ガウスの定理を適用することも可能である<sup>2</sup>。この場合、面積分の項を境界条件ごとに書き下すと、解くべき連立方程式は以下のようになる。

$$T_{ij} \frac{\partial C_{kj}}{\partial t} + (A_{ij} + U'_{ij} + G_{ij} + S_{2ij}) C_{kj} + q_{3i} + q_{2i} + Q_i + d_i = 0 \quad (43)$$

$$U'_{ij} = - \int_V \nabla w_i \cdot \mathbf{u} N_j dV \quad (44)$$

$$S_{2ij} = \int_{S_2, S_2'} u_n w_i N_j dS + \int_{S_2} w_i \mathbf{n} D \left( \frac{-1}{n_x/n_y} \right) \frac{\partial N_j}{\partial x} dS \quad (45)$$

$$q_{3i} = \int_{S_3} q_{nk} w_i dS \quad (46)$$

$$q_{2i} = \int_{S_2'} q_{nk} w_i dS + \int_{S_2'} w_i \mathbf{n} D \left( \frac{0}{q_n/n_y} \right) dS \quad (47)$$

上式において $S$ の添え字は境界条件の番号を表し、 $S_{2ij}, q_{3i}, q_{2i}$ の各項は添え字で示された境界条件に対してのみ考慮される。

<sup>2</sup> 移流項への部分積分・ガウスの定理の適用については、G.Galeati and G.Gambolati(1989)<sup>6)</sup>において、平面 2 次元モデルで揚水または注水を再現する場合に数値的に不安定になる欠点が指摘されている。

### 3.1.3 塩分濃度解析

塩分濃度解析の解法として、MIG2DF では風上法と EL 法の 2 つが整備されている。それぞれに対する解法を以下に示す。

#### (1) 風上法

浸透流解析の支配方程式は、以下のように離散化される。

$$K_{ij}h_{pj} + B_i - Q_i + q_i + XV_i + C_{ij} \frac{\partial h_{pj}}{\partial t} = 0 \quad (48)$$

$$XV_i = \int_V \left( \rho_0 \theta \gamma \frac{\partial c}{\partial t} \right) N_i dV \quad (49)$$

移流分散の支配方程式は、核種移行解析の方程式において壊変を表す項 ( $d_i$ ) を無視した式に対し離散化したものと等しい。

#### (2) EL (オイリアン・ラグランジアン) 法<sup>3</sup>

流体の動きを記述する方法として、固定された座標系 (オイラー座標系) を使用するオイラー法と、流体粒子を追跡して動く座標系 (ラグランジュ座標系) を使用するラグランジュ法がある。ラグランジュ法は地下水流速が大きく移流が卓越する場に適した手法であり、オイラー法は地下水流速が比較的小さく分散が卓越する場に適した手法である。

Neuman<sup>7-10)</sup>は、移流分散解析にオイラー法とラグランジュ法を併用するオイリアン-ラグランジュ法 (Eulerian-Lagrangian Numerical Method) を提唱している。EL 法では移流分散の支配方程式を移流項と分散項に分離し、移流項をラグランジュ法で、分散項をオイラー法で求める。以下では、西垣ほか (1995)<sup>11)</sup>による EL 法の解法について示す。

濃度  $c$  を移流に関する濃度  $c_{adv}$  と分散に関する濃度  $c_{dis}$  に分ける。

$$c = c_{adv} + c_{dis} \quad (50)$$

$c_{adv}$  : 移流濃度 (-)

$c_{dis}$  : 分散濃度 (-)

ラグランジュ微分は以下の式で表される<sup>8)</sup>。

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\mathbf{u}}{\theta R} \cdot \nabla \quad (51)$$

これを(12)式に代入すると、移流項に対し次式が得られる。

$$\frac{dc_{adv}}{dt} = -\lambda c_{adv} \quad (52)$$

また(12)式においてソースタームを無視すると、移流による濃度を除いた分散方程式が得られる。

$$R\theta\rho_f \left( \frac{dc}{dt} - \frac{dc_{adv}}{dt} \right) = \nabla \cdot (\rho_f D \nabla c) - R\theta\rho_f \lambda (c - c_{adv}) \quad (53)$$

上の移流方程式および分散方程式の離散化について、次項に示す。

<sup>3</sup> EL 法では、移流分散解析におけるソース/シンク項を考慮することはできない。



## I. 移流方程式の離散化

移流による濃度は、Single-Step Reverse Particle Tracking (節点後退粒子追跡法)<sup>9)</sup>により、粒子の代わりに節点を移動させることで求める。時刻 $t^{k+1}$ に節点 $n_i (i = 1, \dots, 6)$ に一致する座標 $x_n^{k+1}$ に位置する粒子は、時刻 $t^k$ において次式の座標にいる。

$$x_n^k = x_n^{k+1} - \int_{t^k}^{t^{k+1}} \frac{\mathbf{u}}{\theta R} dt \quad (54)$$

上式は積分範囲内で $\mathbf{u}$ が一定とすると、ルンゲ・クッタ法<sup>4)</sup>により求めることができる。

座標 $x_n^k$ における濃度 $c_n^k$ は、座標 $x_n^k$ を内包する要素における時刻 $t^k$ での濃度を、形状関数を用いて補間することにより求まるが、この方法ではメッシュサイズに補間精度が依存する。そのため、濃度勾配が大きい領域に対しては、Continuous Forward Particle Tracking (連続移動粒子追跡法)<sup>12)</sup>を併用する(図 3.1①)。この方法では、あらかじめ濃度変化がシャープなフロントをもつ領域に初期濃度をもたせた粒子(以下、移動粒子)を配置し、濃度フロントとともに移流させる。そして、移動後の移動粒子を用いて有限要素のメッシュを細分割し、座標 $x_n^k$ における濃度 $c_n^k$ の補間計算を行う。これにより精度の高い補間が可能になる。細分割の方法としては、要素ごとに細分割する方法(Modified Continuous Forward Particle Tracking (修正連続移動粒子追跡法)<sup>11)</sup>)を用いた。

時刻 $t^{k+1}$ における移流による濃度は、(52)式を

$$\frac{1}{c_{adv}} dc_{adv} = -\lambda dt \quad (55)$$

と変数分離し、時間 $t^k$ から $t^{k+1}$ まで積分することで求められる。

$$c_{adv_n}^{k+1} = c_n^k \exp \left( - \int_k^{k+1} \lambda dt \right) \quad (56)$$

以上により全節点での移流による濃度を計算した後、移動粒子の時刻 $t^{k+1}$ における座標と濃度を、節点後退粒子追跡法の追跡方向を変え、同様に求める(図 3.1②)。

$$x_p^{k+1} = x_p^k + \int_{t^k}^{t^{k+1}} \frac{\mathbf{u}}{\theta R} dt \quad (57)$$

## II. 分散方程式の離散化

(53)式の分散方程式において、重み関数を $\delta c$ として重み付き残差法を適用すると、

$$\int_V \left[ R\theta\rho_f \left( \frac{dc}{dt} - \frac{dc_{adv}}{dt} \right) - \nabla \cdot (\rho_f D \nabla c) + R\theta\rho_f \lambda (c - c_{adv}) \right] \delta c dV = 0 \quad (58)$$

$c$ と重み関数 $\delta c$ を同じ形状関数の線形結合で近似すると、以下の式が成り立つ。

$$W_{ij} \left( \frac{dc_j}{dt} - \frac{dc_{adv_j}}{dt} \right) - G_{ij} c_j + L_{ij} (c_j - c_{adv_j}) - Q c_i = 0 \quad (59)$$

<sup>4</sup> MIG2DF では2次または6段5次のルンゲ・クッタ法に対応している。

$$G_{ij} = -\rho_f \int_V D \nabla N_i \cdot \nabla N_j dV \quad (60)$$

$$W_{ij} = R\theta\rho_f \int_V N_i N_j dV \quad (61)$$

$$L_{ij} = R\theta\rho_f \lambda \int_V N_i N_j dV \quad (62)$$

$$Q = \rho_f \int_S DN_i \nabla N_i \cdot n dS \quad (63)$$

移動粒子を用いて細分割したメッシュに対して (図 3.1③)、(59)式の分散方程式を解くことにより、節点および移動粒子の時刻 $t^{k+1}$ における分散による濃度が求められる (図 3.1④)。

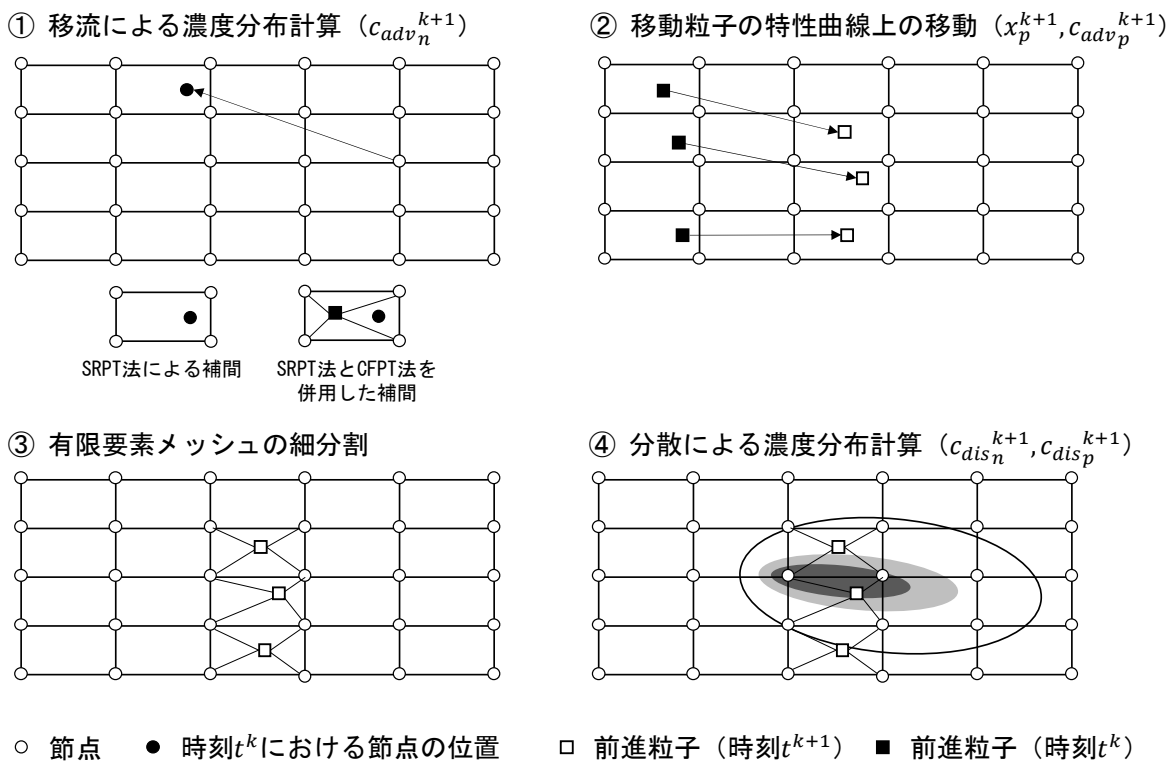


図 3.1 EL 法による解析手法概略図 (西垣ほか (1995) <sup>11)</sup> を参考に作成)  
(括弧内の変数は各ステップで求められる未知数を表す)

### 3.2 有限要素

MIG2DF では、1次または2次のアイソパラメトリック要素（形状関数により座標系を補間している要素）を採用している。これについて以下に示す。

#### 3.2.1 アイソパラメトリック要素

MIG2DF では、中間節点を考慮した1次元アイソパラメトリック要素（2～3節点）および2次元アイソパラメトリック要素（3～8節点）を扱うことが可能である。

○1次元アイソパラメトリック要素（2～3節点）

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \frac{1}{2}(1-l) - \frac{N_3}{2} \\ N_2 &= \frac{1}{2}(1+l) - \frac{N_3}{2} \\ N_3 &= 1-l^2 \end{aligned} \right\} \quad (64)$$

○2次元アイソパラメトリック要素（3～8節点）

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta) - \frac{N_5}{2} - \frac{N_8}{2} \\ N_2 &= \frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta) - \frac{N_5}{2} - \frac{N_6}{2} \\ N_3 &= \frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta) - \frac{N_6}{2} - \frac{N_7}{2} \\ N_4 &= \frac{1}{4}(1+\xi)(1-\eta) - \frac{N_7}{2} - \frac{N_8}{2} \\ N_5 &= \frac{1}{2}(1-\xi^2)(1+\eta) \\ N_6 &= \frac{1}{2}(1-\xi)(1-\eta^2) \\ N_7 &= \frac{1}{2}(1-\xi^2)(1-\eta) \\ N_8 &= \frac{1}{2}(1+\xi)(1-\eta^2) \end{aligned} \right\} \quad (65)$$

形状関数の微分はヤコビ行列 $J$ を用いて計算される。

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} \end{pmatrix} = J^{-1} \begin{pmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{pmatrix}, J = \begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial x}{\partial \eta} \\ \frac{\partial y}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{pmatrix} \quad (66)$$

### 3.2.2 風上重み関数

核種移行解析・塩分濃度解析における風上法は、1次要素（中間節点を持たないもの）に対し適用可能である。4節点の四角形アイソパラメトリック要素に対し、風上重み関数は以下のように与えられる。節点1～4における風上重み関数を図3.2に示す。上流パラメータ $\alpha_n, \beta_n$ は辺1～4に対して定義される値であり、使用する上流パラメータは節点に關与する辺により決まる。例えば、節点1は辺1と辺4の交点であるため、使用する上流パラメータは $\alpha_1, \beta_2$ となる。

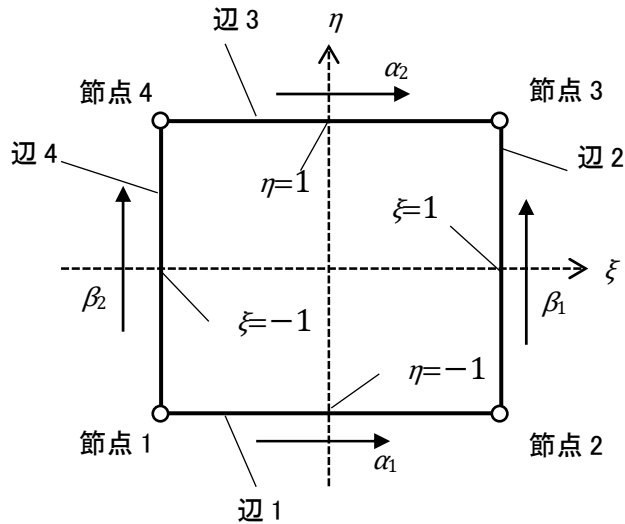


図 3.2 風上重み関数

$$\left. \begin{aligned} w_1 &= \frac{1}{16} [f(\xi) + 3\alpha_1(\xi^2 - 1)][f(\eta) + 3\beta_2(\eta^2 - 1)] \\ w_2 &= \frac{1}{16} [g(\xi) + 3\alpha_1(1 - \xi^2)][f(\eta) + 3\beta_1(\eta^2 - 1)] \\ w_3 &= \frac{1}{16} [g(\xi) + 3\alpha_2(1 - \xi^2)][g(\eta) + 3\beta_1(1 - \eta^2)] \\ w_4 &= \frac{1}{16} [f(\xi) + 3\alpha_2(\xi^2 - 1)][g(\eta) + 3\beta_2(1 - \eta^2)] \end{aligned} \right\} \quad (67)$$

$$f(x) = 2(1 - x) \quad (68)$$

$$g(x) = 2(1 + x) \quad (69)$$

$\alpha_n, \beta_n$  : 上流パラメータ (=0 : ガラーキン法)

風上重み関数の微分は以下のように計算される。

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial w_i}{\partial x} \\ \frac{\partial w_i}{\partial y} \end{pmatrix} = J^{-1} \begin{pmatrix} \frac{\partial w_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial w_i}{\partial \eta} \end{pmatrix}, J = \begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial x}{\partial \eta} \\ \frac{\partial y}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{pmatrix} \quad (70)$$

風上重み関数の微分 $\partial w_i / \partial \xi$ および $\partial w_i / \partial \eta$ は、(69)式から求められる式を使用する。ただし、オプションとして上流パラメータの片方を0とした式

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial w_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial w_i}{\partial \eta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial w_i}{\partial \xi}(\alpha_i, 0) \\ \frac{\partial w_i}{\partial \eta}(0, \beta_i) \end{pmatrix} \quad (71)$$

を用いることもできる<sup>5</sup>。

上流パラメータは、パラメータを定義する辺に対し、以下の式で求めた値により正負が切り替えられる。

$$v_{ij} \equiv \frac{1}{2}(\mathbf{u}_i + \mathbf{u}_j) \cdot \mathbf{l}_{ij} \quad (72)$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha_i \text{ or } \beta_j > 0 & \text{ if } v_{ij} > 0 \\ \alpha_i \text{ or } \beta_j < 0 & \text{ if } v_{ij} < 0 \end{aligned} \right\} \quad (73)$$

$\mathbf{u}_i$  : 節点*i*における流速ベクトル

$\mathbf{l}_{ij}$  : 節点*i*→*j*における辺ベクトル

また、既存の地下水流解析コード FEMWATER/LEWASTE<sup>13)</sup>での方法を参考に、上流パラメータの自動計算機能を導入した。1次元の定常移流分散方程式  $v dc/dx = D d^2c/dx^2$  ( $v$ : 間隙流速,  $D$ : 分散係数) を、幅*h*の要素を用いて風上法により

$$v \left\{ \alpha \frac{c_j - c_{j-1}}{h} + (1 - \alpha) \frac{c_{j+1} - c_{j-1}}{2h} \right\} = D \frac{c_{j+1} - 2c_j + c_{j-1}}{h^2} \quad (74)$$

と近似した場合、一般解を満たす上流パラメータは  $\alpha = \coth(Pe/2) - 2/Pe$  ( $Pe = vh/D$ : 局所ペクレ数) で与えられる。これを3次元に拡張した次式により、上流パラメータの最適値を算出する。

$$VEL = DCST \cdot (DCS_x \quad DCS_y) \begin{pmatrix} u_x \\ u_y \end{pmatrix} \quad (75)$$

$DCS_i$  : 単位辺ベクトルの*i*方向の成分

$u_i$  : 流速の*i*方向の成分

$DCST$  : 辺の長さ

$$DAL = (DCS_x \quad DCS_y) \begin{pmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{yx} & D_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} DCS_x \\ DCS_y \end{pmatrix} \quad (76)$$

$$\alpha_{opt} = \coth \left( \frac{VEL}{2 \cdot DAL} \right) - \frac{2 \cdot DAL}{VEL} \quad (77)$$

上流パラメータの自動計算機能を用いれば、ユーザーが上流パラメータを計算する必要がなくなり、また非定常解析やメッシュサイズが不均一なモデルに対しても適切な設定を行うことが可能である。ただし、ユーザーが任意の上流パラメータを設定することも可能である。

<sup>5</sup> Huyakorn and Nikuha(1977)<sup>14)</sup>は経験的に安定した解が得られることから、風上重み関数微分値に関して上流パラメータの片方をゼロ化した式を使用することを推奨している。

### 3.3 時間項の取り扱いと非線形性の考慮

MIG2DFにおいて、時間微分は差分近似により考慮される。非線形性は、加速係数による補正を考慮した反復計算により考慮される。

#### 3.3.1 浸透流解析

##### a) 定常解析

定常解析の場合、解くべき方程式は次式である。なお以下では、行列を記号 $[\ ]$ 、ベクトルを記号 $\{ \}$ で表す。

$$[K]\{h_p\} + \{B\} - \{Q\} + \{q\} = 0 \quad (78)$$

不飽和領域においては、透水係数は圧力水頭に依存する。透水係数マトリックス $K$ および位置水頭ベクトル $B$ は透水係数の関数であるため、上式は非線形方程式となる。これを解くために、MIG2DFでは加速係数を用いた反復計算が実行される。

今 $i$ 回の反復計算が終了しているとする。 $i + 1$ 回目における圧力水頭の解は、加速係数による補正を考慮した値として計算される。

$$\{\bar{h}_{p_{i+1}}\} \equiv (1 - \alpha)\{\bar{h}_{p_i}\} + \alpha\{h_{p_{i+1}}\} \quad (79)$$

$\alpha$  : 加速係数 ( $0 < \alpha \leq 1$ )

ただし反復計算1回目には、 $\{\bar{h}_{p_1}\} \equiv \{h_{p_1}\}$ とする。(20)式より、 $\{h_{p_{i+1}}\}$ は次式で求められる。

$$[K]\{h_{p_{i+1}}\} = -\{B\} + \{Q\} - \{q\} \equiv \{F\} \quad (80)$$

上式において、各係数は $\{\bar{h}_{p_i}\}$ に対して計算される。

##### b) 非定常解析

非定常解析の場合、解くべき方程式は次式である。

$$[K]\{h_p\} + \{B\} - \{Q\} + \{q\} = -[C]\left\{\frac{\partial h_p}{\partial t}\right\} \quad (81)$$

今 $k$ 番目の時間ステップにおいて、 $i$ 回の反復計算が終了しているとする。(24)式において、圧力水頭ベクトルの時間微分を前進差分で近似し、時間変化に対する圧力水頭の中央値に対して式が成り立つものとする。

$$\{h_{p_{i+1}}^{k+1/2}\} = \frac{\{h_{p_{i+1}}^{k+1}\} + \{\bar{h}_p^k\}}{2} \quad (82)$$

$$\left\{\frac{\partial h_p}{\partial t}\right\}_{i+1} = \frac{\{h_{p_{i+1}}^{k+1}\} - \{\bar{h}_p^k\}}{\Delta t^k}, \Delta t^k \equiv t^{k+1} - t^k \quad (83)$$

$t^k$  :  $k$ 番目の時間ステップにおける計算時刻 (s)

ただし新しいタイムステップにおける反復計算1回目には、前時間ステップにおける計算値を外挿することにより、圧力水頭の中央値が計算される。

$$\{h_{p_1}^{k+1/2}\} = \{\bar{h}_p^{k-1}\} + \left(\{\bar{h}_p^k\} - \{\bar{h}_p^{k-1}\}\right) \frac{\Delta t^{k-1} + 0.5\Delta t^k}{\Delta t^{k-1}} \quad (84)$$

このとき、解くべき方程式は次のように表される。

$$[G] \{h_{p_{i+1}}^{k+1}\} = \{F\} \quad (85)$$

$$[G] \equiv [K] + \frac{2}{\Delta t^k} [C] \quad (86)$$

$$\{F\} \equiv 2(-\{B\} + \{Q\} - \{q\}) - \left( [K] + \frac{2}{\Delta t^k} [C] \right) \{\bar{h}_p^k\} \quad (87)$$

上式において、各係数は $\{h_{p_{i+1}}^{k+1/2}\}$ に対して計算される。また反復計算 $i + 1$ 回目の圧力水頭ベクトルの解は、定常計算と同様に加速係数による補正後の圧力水頭ベクトルとする。

$$\{\bar{h}_{p_{i+1}}^{k+1}\} \equiv (1 - \alpha) \{\bar{h}_{p_i}^{k+1}\} + \alpha \{h_{p_{i+1}}^{k+1}\} \quad (88)$$

### 3.3.2 核種移行解析

核種移行解析は、浸透流解析による流速ベクトルの解を用いて解かれる。核種移行解析における支配方程式は、以下のように表せる。

$$[T] \left\{ \frac{\partial c}{\partial t} \right\} + [RK] \{c\} + \{F\} = 0 \quad (89)$$

$$[RK] = [A] + [U'] + [G] + [S_2] \quad (90)$$

$$\{F\} = \{q_3\} + \{q_2\} + \{Q\} + \{d\} \quad (91)$$

上式において、時間微分を前進差分で近似し、クランク・ニコルソンパラメータ $w$ を考慮した以下の濃度に対して式が成り立つものとする。

$$\{\hat{c}^k\} = \frac{(1 + w)\{c^{k+1}\} + (1 - w)\{\bar{c}^k\}}{2} \quad (92)$$

$$\left\{ \frac{\partial c}{\partial t} \right\} = \frac{\{c^{k+1}\} - \{\hat{c}^k\}}{\Delta t^k}, \Delta t^k \equiv t^{k+1} - t^k \quad (93)$$

このとき、

$$\{c'^{k+1}\} = \{c^{k+1}\} + \frac{1 - w}{1 + w} \{\hat{c}^k\} \quad (94)$$

とおくと、支配方程式は以下のように表せる。

$$[RK'] \{c'^{k+1}\} = \{F'\} \quad (95)$$

$$[RK'] \equiv [RK] + \frac{2}{(1 + w)} \frac{[T]}{\Delta t^k} \quad (96)$$

$$\{F'\} \equiv -\frac{2}{1 + w} \{F\} + \frac{2}{1 + w} \frac{[T]}{\Delta t^k} \{\hat{c}^k\} \quad (97)$$

上式により求めた $\{c^{k+1}\}$ を(82)式により補間することで、反復回数 $k + 1$ 回目の最終的な濃度の計算結果が得られる。

### 3.3.3 塩分濃度解析

密度を考慮した浸透流・塩分濃度解析では、浸透流解析により解かれる圧力水頭と塩分濃度解析により解かれる塩分濃度が相互に関係している。MIG2DF では、圧力水頭と塩分濃度をそれぞれの支配方程式を用いて2段階に分けて繰り返し計算する。さらに核種移行解析を行う場合は、浸透流解析と塩分濃度解析の繰り返し計算により得られた流速ベクトルが用いられる。密度を考慮した浸透流・塩分濃度・核種移行解析の流れを図 3.3 に示す。

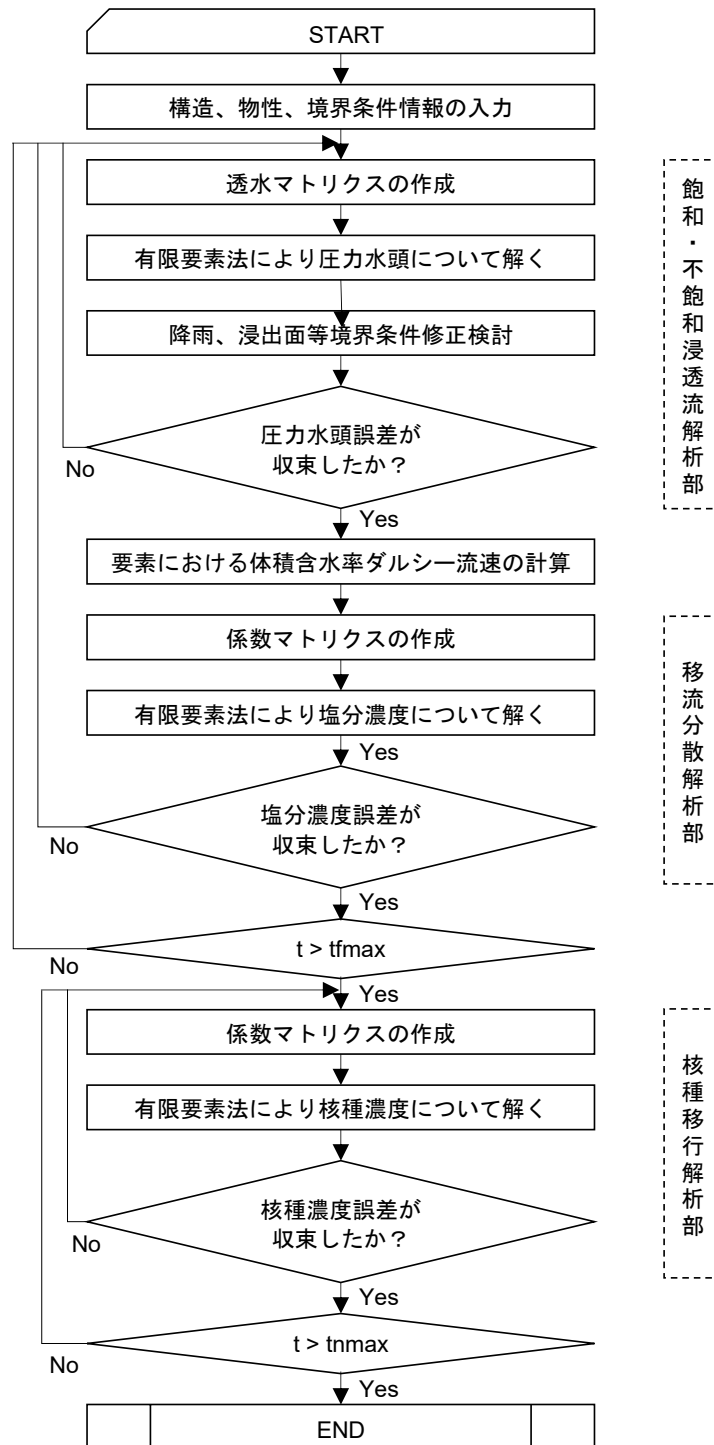


図 3.3 密度を考慮した浸透流・塩分濃度・核種移行解析の流れ



塩分濃度解析の各解法における離散化の概要について、以下に示す。

(1) 風上法

浸透流解析は、次式により解かれる。

$$[G] \{h_p^{k+1}\} = \{F'\} \quad (98)$$

$$[G] \equiv [K] + \frac{2}{\Delta t^k} [C] \quad (99)$$

$$\{F'\} \equiv 2(-\{B\} + \{Q\} - \{q\} - \{XV\}) - \left([K] + \frac{2}{\Delta t^k} [C]\right) \{\bar{h}_p^{-k}\} \quad (100)$$

浸透流解析によって求めた圧力水頭の最終的な計算値は、加速係数による補正がされた $\{\bar{h}_p^{k+1}\}$ である。これを用いて、塩分濃度の計算を行う。塩分濃度の計算は、核種移行解析と同様に実行され、計算された $\{\hat{c}^k\}$ に加速係数を考慮した

$$\{\bar{c}_{i+1}^{k+1}\} \equiv (1 - \alpha)\{\hat{c}_i^{k+1}\} + \alpha\{\hat{c}_{i+1}^{k+1}\} \quad (101)$$

が最終的な計算結果となる。塩分濃度解析の結果を用いて浸透流解析が反復的に実行される。浸透流解析において、 $\{XV\}$ の計算では塩分濃度の時間微分が出てくるが、これについては次のように計算される。

$$\{XV\} = \int_V \left( \rho_0 \theta \gamma \frac{\{\hat{c}^{k+1}\} - \{\hat{c}^k\}}{\Delta t^k} \right) N_i dV \quad (102)$$

その他のマトリックスについては、 $\{\bar{c}^{k+1}\}$ を用いて計算が行われる。

(2) EL 法

浸透流解析については、風上法と同様である。塩分濃度解析においては、濃度は移流濃度、分散濃度に分けて解かれる。

移流解析（タイムステップ $k \rightarrow k+1$ ）では、タイムステップ $k$ における位置・濃度をラグランジュ法により求め、タイムステップ $k+1$ の移流濃度とする。

分散解析（タイムステップ $k \rightarrow k+1$ ）では、タイムステップ $k+1$ の移流濃度を用いてタイムステップ $k+1$ の分散濃度を求める。分散方程式において、時間微分は後退差分で近似する。

$$\{c\} = \{c^{k+1}\} \quad (103)$$

$$\{c_{adv}\} = \{c_{adv}^{k+1}\} \quad (104)$$

このとき、分散方程式は以下のようなになる。

$$\left\{ ([G] + [L]) + \frac{[W]}{\Delta t} \right\} \{c^{k+1}\} = \left( [L] + \frac{[W]}{\Delta t} \right) \{c_{adv}^{k+1}\} - Q\{c\} \quad (105)$$

移流項と分散項を分離しない風上法では $[G]$ に移流項が含まれるため非対称となるが、EL法では分散項のみの対称マトリックスとなり、すべての係数マトリックスが対称になるため、計算に必要なメモリ容量が半分となる<sup>11)</sup>。

#### 4. 計算上の取り扱いと入力条件

##### 4.1 行列解法

各解析における行列計算は、直接法（ガウスの消去法）により行われる。ガウスの消去法では、処理時間がバンド幅（行列内で非ゼロ成分が存在する幅）の2乗に比例して大きくなる。この対処法として、バンド幅を最小化する機能（バンドミニマイズ）が利用できる。

ただし EL 法による塩分濃度解析においては、前処理付き共役勾配法（Preconditioned Conjugate Gradiate method : PCG 法）により行列計算が行われる（図 I.2）。EL 法を使用する際には浸透流解析においてバンドミニマイズ機能を使用できない設定となっているため、節点番号の付け方に留意する必要がある。

##### 4.2 境界条件の取り扱い

MIG2DF において考慮可能な境界条件の一覧を表 4.1 に示す。これらのうち、可変境界条件（浸出面境界条件、降雨浸透境界条件、連成境界条件）は解析結果に応じて変化する境界条件である。降雨浸透境界条件では地盤の浸透能を考慮した評価、浸出面境界条件では法面などにおける浸出面の経時変化の評価が可能である。連成境界条件は、塩水くさびのように浸透と移流分散を連成させる必要がある解析に適用される。これらの可変境界条件を適切に設定することにより、海水準変動や降雨量の経時的な変化に伴う地下水流動・塩分濃度分布への影響を評価することが可能である。

表 4.1 MIG2DF において考慮可能な境界条件

解析	境界条件	ヘッダー	内容（設定対象）
浸透流解析	第 1 種（既知水頭境界条件）	HEAD	水位条件データ（節点）
		HFUN	水位条件関数データ（節点）
	第 2 種（既知流量境界条件）	SOUR	湧水条件データ（節点）
		RAIN	降雨条件データ（要素）
		VELO	法線流速条件データ（要素）
	降雨浸透境界条件	RECH	涵養量コントロールデータ（要素）
浸出面境界条件	LINE	ライン水位条件データ（境界線）	
核種移行解析 塩分濃度解析	第 1 種（既知濃度境界条件）	FCNC, SCON	濃度条件データ
	第 2, 2', 3 種（既知濃度フラックス境界条件）	FLUX, SFLX	濃度フラックス条件データ
		CPRO, SPRO	濃度生成率条件データ
	連成境界条件	EL 法オプション（※塩分濃度解析のみ）	

※涵養量コントロールデータとライン水位条件データは、一つの節点に対しどちらかのみを指定する。

以下に可変境界条件、および、境界条件を指定しない場合の計算上の取り扱いについて示す。

##### 4.2.1 降雨浸透境界条件

降雨浸透境界条件は、降雨条件（ヘッダー：RAIN）および涵養量コントロール条件（ヘッダー：RECH）により設定できる。涵養量コントロール条件が設定された節点では、圧力水頭が 0 以上の

場合既知水頭（圧力水頭 0）、それ以外では降雨注入節点として扱われる。さらに既知水頭に対し流量を確認し、流量が設定降雨量より大きい場合（降雨の浸透が可能な状態）には、降雨注入節点に切り替わる（図 4.1）。この切り替えの基準は、設定流入量に変数をかけてる事で変更可能である。

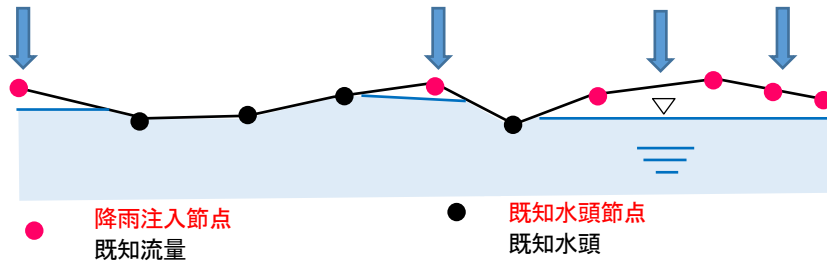


図 4.1 降雨浸透境界条件の概念図

降雨浸透境界条件の処理フローを図 4.2 に示す。

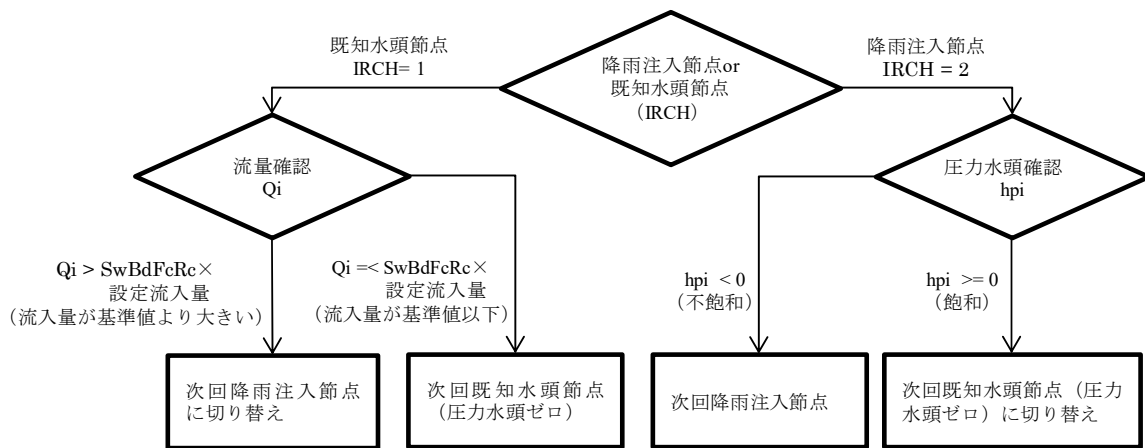


図 4.2 降雨浸透境界条件の処理フロー

また涵養量コントロール条件には、飽和に近い節点に与える降雨量を低減させる機能もある。

$$R_{ctr} = (h/h_{ctr})R \tag{106}$$

- $R_{ctr}$  : 涵養量コントロール条件による調整後の降雨量 (L/T)
- $R$  : 設定降雨量 (L/T)
- $h$  : 圧力水頭 (前回計算値) (L)
- $h_{ctr}$  : 涵養量コントロール最小圧力水頭値 (L)

#### 4.2.2 浸出面境界条件

浸出面境界条件は、ライン水位条件（ヘッダー：LINE）により設定できる。ライン水位における節点は、ライン水位下節点、およびライン水位上節点に分類され、さらにライン水位上節点は浸出節点、および既知流量節点に分類される（図 4.3）。ライン水位条件は、斜面への適用を想定しており、ライン水位上節点については、低い位置の節点が飽和、高い位置の節点が不飽和であることを前提とする。

ライン水位条件におけるライン水位上節点は、水体に接していない境界であるという意味では、前に示した涵養量コントロール節点と同じである。異なる点は、ライン水位節点は斜面を想定しているため、浸出節点および既知流量節点が連続し、飛び飛びに存在しないようにする点である。

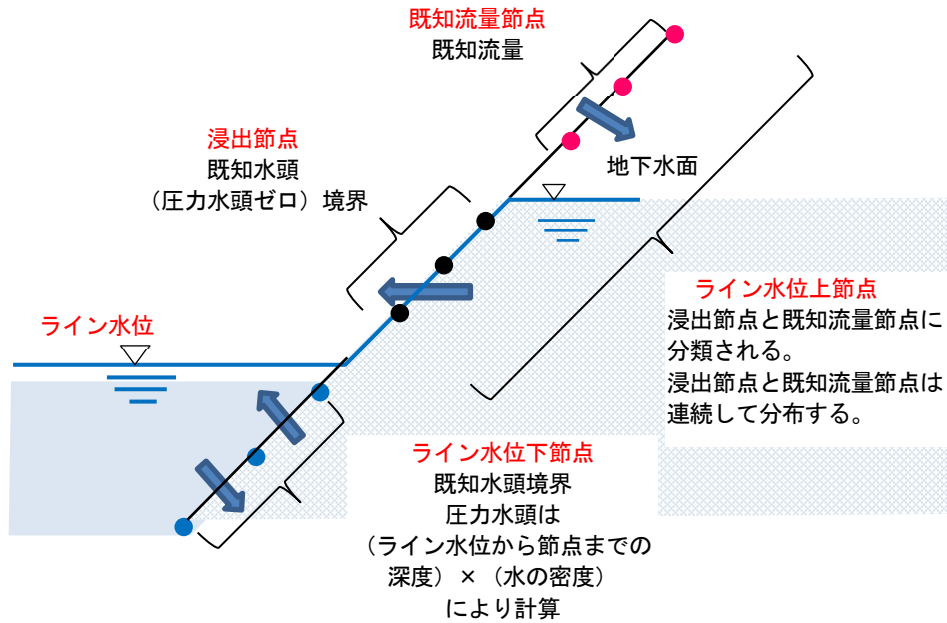


図 4.3 浸出面境界条件の概念図

浸出面境界条件の処理フローを図 4.4 に示す。既知流量節点における流量としては、降雨量または法線流速の設定値が適用される（流量が設定されていない場合、既知流量節点は不透水となる）。圧力水頭が 0（この基準値は変更可能）以上の場合は浸出節点、それ以外の場合には既知流量節点となる。また浸出面境界条件も降雨浸透境界条件と同様に、流量に応じて浸出節点と既知流量節点が切り替わる（この基準値は変更可能）。

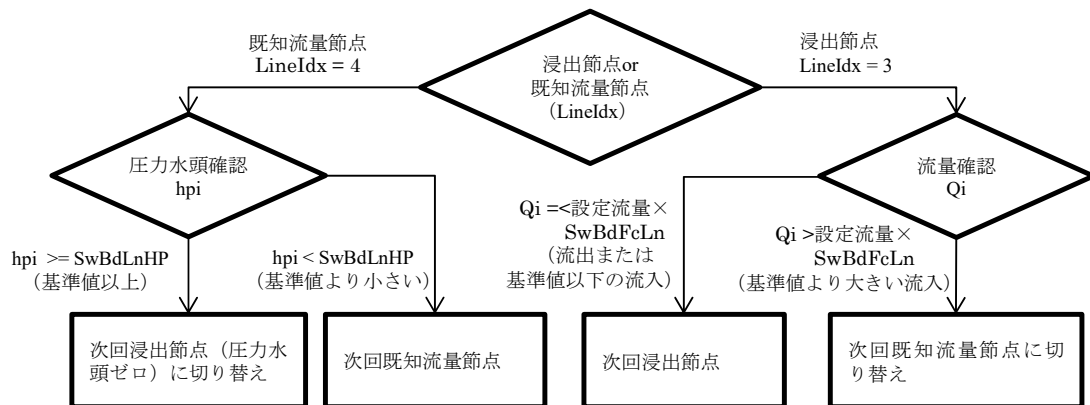


図 4.4 浸出面境界条件の処理フロー

### 4.2.3 連成境界条件

EL 法では浸透流解析の可変境界条件に応じて、移流分散解析の境界条件を変更することができる。表 4.2 に境界条件の設定方法を示す。例えば沿岸域における塩水くさびについては、地下水の流向に応じて移流分散の境界条件を切り替える必要があるが（図 4.5）、これは表 4.2 の境界条件-5 を用いて行うことができる。連成境界条件を使用することで、降雨量の変化や海水準変動に応じた地下水・塩淡境界の変化を考慮することができる。

表 4.2 MIG2DF における移流分散可変境界条件

境界条件 番号	地下水 流向	条件を特定 する解析	節点の境界条件
-4	流出	移流・分散	【既知濃度】濃度=設定流出濃度
	流入	分散	【既知分散フラックス】分散フラックス=0
-5	流出	分散	【既知分散フラックス】分散フラックス=0
	流入	移流・分散	【既知濃度】濃度=設定流入濃度
-6	流出	移流・分散	【既知濃度】濃度=設定流出濃度
	流入	移流・分散	【既知濃度】濃度=設定流入濃度
-8	流入	移流	【既知濃度】移流濃度=設定流入濃度
	流出	—	境界条件を明示的に与えない移流分散解析

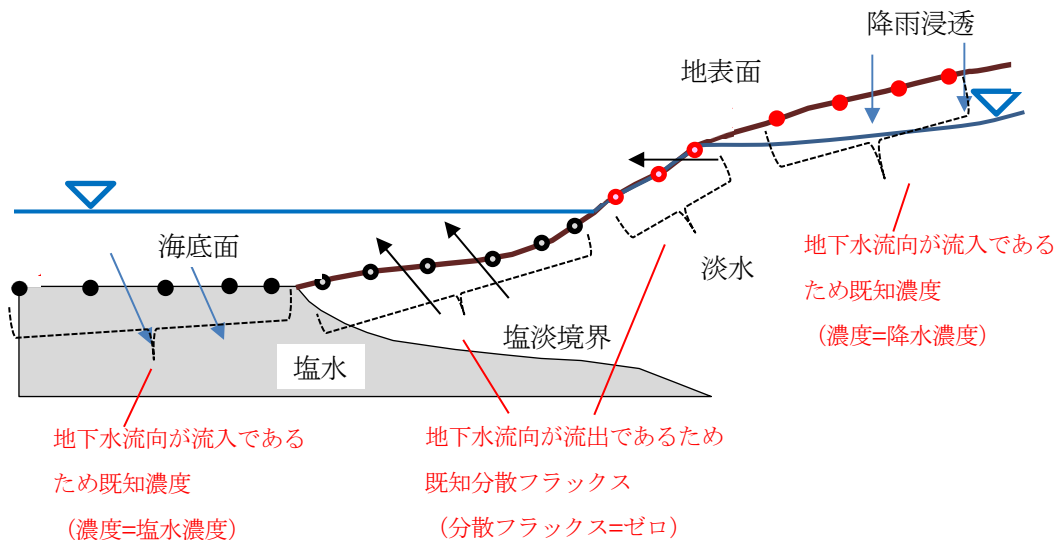


図 4.5 移流分散解析における連成境界条件の例（塩水くさび：海水準一定）

### 4.2.4 境界条件を指定しない場合

入力データにおいて、ある境界に対して境界条件を指定しない場合、その境界は不透水境界として取り扱われる。すなわち、

- ・浸透流解析：既知流量境界条件（流量ゼロ）
- ・核種移行・塩分濃度解析：既知分散フラックス境界条件（第2種境界）（分散フラックスゼロ）

### 4.3 物性値の設定

#### 4.3.1 不飽和浸透特性

不飽和状態では浸透特性が飽和度（または体積含水率）によって変化する。そのため、不飽和浸透特性（水分特性曲線（体積含水率 $\theta$ と圧力水頭 $h_p$ の関係）および比透水係数 $k_\theta$ （飽和透水係数に対する不飽和透水係数の比））の設定が必要である。水分特性曲線および比透水係数は、ヘッダー：TH-H, TH-K において設定する。またダルシー速度 $u$ に関する透水係数の変化について、ヘッダー：VEL-で考慮することもできる。各関数の概念図を図 4.6 に示す。

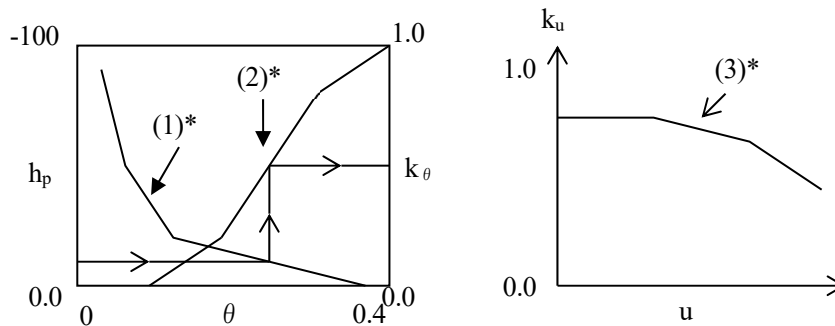


図 4.6 透水係数の設定例

透水係数は次式のように設定される。

$$K_f = K \cdot k_\theta(\theta, h_p) \cdot k_u(u) \quad (107)$$

- $K$  : 飽和時の透水係数 (L/T)
- $k_\theta(\theta, h_p)$  :  $\theta$ と $h_p$ に関する係数（関数(1)\*, (2)\*を入力）
- $k_u$  :  $u$ に関する係数（関数(3)\* を入力）

#### 4.3.2 深度に依存した透水係数・間隙率

圧密などの影響で地層が同じでも深度で物性値が変化するモデルにおいて、深度依存する透水係数・間隙率を設定することができる。設定方法は以下の3つがある。

① 深度基準要素一括指定方式【ヘッダー：DEP1】

地表面要素を深度基準として設定する。最も簡易にデータを設定できる方法である（※要素はグリッド上に配列し、かつ要素番号のつけ方は規則的である必要がある）。

② 深度基準要素個別指定方式【ヘッダー：DEP2】

各要素に対して、指定した番号の要素を深度基準として設定する。地表に露出していない地層についても、地層ごとに深度基準要素を変えることができる。

③ 深度基準線データ指定方式【ヘッダー：DEP3】

各要素に対して、深度基準線を設定する。最も自由度の高い設定方法である（※深度基準線を構成する点は、x座標が増加する単純な並びである必要がある）。

全ての方法において、各要素の深度は要素中心の y 座標として計算される。深度計算方法の概念図を図 4.7 に示す。また、透水係数・間隙率の深度依存性は、ヘッダー：DEPV において設定する。

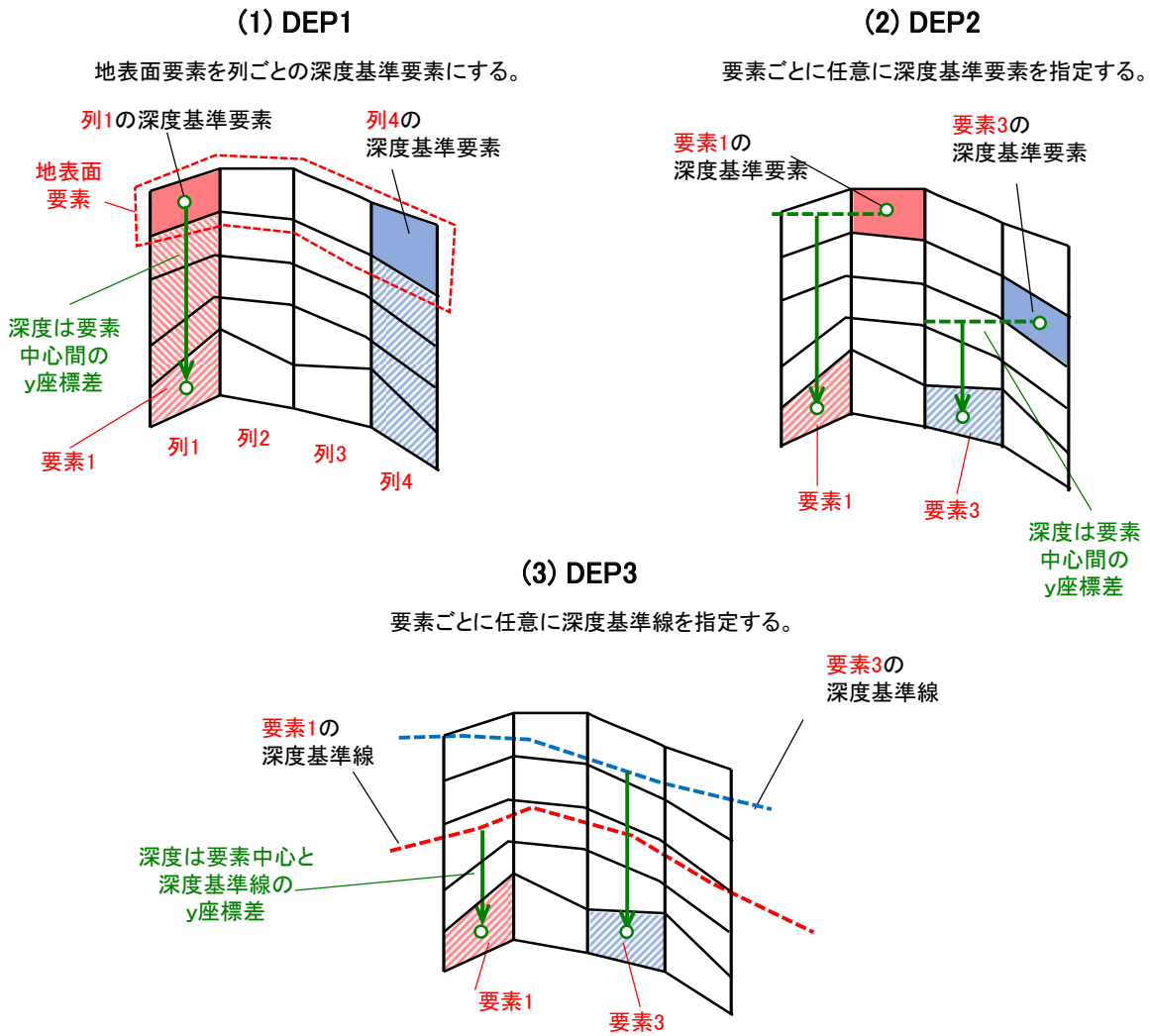


図 4.7 深度計算方法の概念図

5. 検証計算

MIG2DF に対し、解析解との検証計算を実施した。MIG2DF 第 1 版には検証計算の記載がないため、ここでは第 2 版で更新した機能だけでなく、浸透流・塩分濃度解析に対する一般的な検証計算を、計 5 ケース実施した。検証計算は、対象断面（鉛直面／水平面／軸対称）・解析種別（定常／非定常）・移流分散に対する解法（風上法／EL 法）・境界条件（既知水頭／既知流量／降雨／浸出面境界条件、既知濃度／可変境界条件）を網羅している。実施した検証計算を表 5.1 に示す。

表 5.1 実施した検証計算

ケース		目的	概要 【第 2 版で更新した機能の使用】
1	被圧帯水層井戸への流れ (Theis の問題)	浸透流解析に 対する検証	・井戸からの揚水による非定常な流れ ・水平面
2	グラウトされたトンネルへの流入		・トンネル内部への定常な流れ ・鉛直面
3	均質媒体中での一様な流れ による保存性物質の移動	塩分濃度解析に 対する検証  4, 5 : 密度流の影響 5 : 降雨量・海水準の 変動による影響	・定常な流れでの非定常な物質移行 ・水平面 【風上法（上流パラメータ自動計算）】
4	Henry 問題		・定常な流れでの非定常な物質移行 ・鉛直面 ・密度流を考慮
5	島嶼の塩水—淡水境界（降雨量・海水準の変動を考慮）		・非定常な流れでの非定常な物質移行 ・軸対称 ・密度流を考慮 【EL 法・降雨境界条件・浸出面境界条件・連成境界条件】

・計算精度の評価

検証計算 1、2、3 に対しては、解析解と計算結果の誤差を WAPE (Weighted Absolute Percentage Error : 加重絶対パーセント誤差) により評価した<sup>6</sup>。なお検証計算 4、5 は解析解が塩分濃度のコンターに対応し、節点での塩分濃度の計算値と直接比較できないため、WAPE は記載していない。

$$WAPE (\%) = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \frac{z_i - \hat{z}_i}{z_i} \right| \times z_i}{\sum_{i=1}^N z_i} \times 100 \quad (108)$$

z : 解析解  
 $\hat{z}$  : 計算結果

<sup>6</sup> MAPE (平均相対誤差) は真値がゼロに近い場合発散するため、WAPE により誤差を評価した。



5.1 被圧帯水層井戸への流れ (Theis の問題)

➤ 解析解

タイス (Theis (1935)<sup>15)</sup>) は、被圧帯水層にスクリーンをもつ井戸から揚水を行った時の非定常の地下水流動方程式に対する解析解を導いた。図 5.1 のように、均質・等方性・等厚で無限の広がりをもつ被圧帯水層へ完全貫入している井戸で時間  $t = 0$  から一定量  $Q_w$  で揚水を行い、時間  $t = t_0$  に揚水を止めたとする。

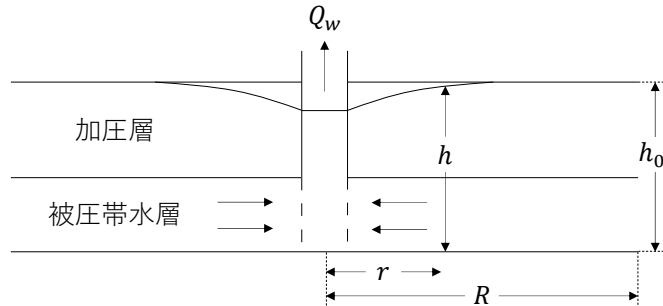


図 5.1 被圧帯水層に完全貫入した井戸からの揚水 (藤縄 (2010) <sup>16)</sup>を参考に作成)

被圧帯水層の透水量係数を  $T$ 、貯留係数を  $S_c$  とすると、地下水位の低下量  $s(r, t) = h_0 - h(r, t)$  は以下の支配方程式に従う。

$$\frac{\partial^2 s}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial s}{\partial r} = \frac{S_c}{T} \frac{\partial s}{\partial t} \quad (109)$$

$u = r^2 S_c / 4Tt$  とすると、 $s(r, t)$  の解析解は以下のように表される。

$$s = \frac{Q_w}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-x}}{x} dx = \frac{Q_w}{4\pi T} W(u) \quad (t < t_0 : \text{揚水停止前}) \quad (110)$$

$$\hat{s}(t) = s(t) - s'(t - t_0) = \frac{Q_w}{4\pi T} \left\{ W\left(\frac{r^2 S_c}{4Tt}\right) - W\left(\frac{r^2 S_c}{4T(t - t_0)}\right) \right\} \quad (t \geq t_0 : \text{停止後}) \quad (111)$$

$$W(u) = -0.5772 - \ln(u) + u - \frac{u^2}{2 \times 2!} + \frac{u^3}{3 \times 3!} - \dots \quad (112)$$

➤ 解析条件

MIG2DF での解析条件を表 5.2 に示す。解析は井戸を原点とした水平面 ( $xy$  平面) に対して行い、対称性を考慮し  $x \geq 0, y \geq 0$  の領域のみを対象とした。解析解は無限遠を想定しているため領域は十分広く取り、不飽和の影響を避けるため領域端には既知水頭条件を与えた。

表 5.2 解析条件 (検証計算 1)

解析範囲	$x=[0 \text{ m}, 1,000 \text{ m}], y=[0 \text{ m}, 1,000 \text{ m}]$
透水量係数	$1 \text{ m}^3/\text{min}$
貯留係数	0.005
境界条件	原点 ( $x=0, y=0$ ) : 既知流量 (揚水量 $10 \text{ m}^3/\text{min}$ ) $x=1,000 \text{ m}, y=1,000 \text{ m}$ : 既知水頭 その他 : 不透水
メッシュ数	10,000 (メッシュサイズ : $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ )
タイムステップ	1分

➤ 解析結果

揚水停止後 10 分の全水頭分布を図 5.2 に、 $r = 10 \text{ m}$  での水位効果量を図 5.3 に示す。図 5.3 に示されているように、MIG2DF による計算結果は解析解を再現している。今回の計算条件では、解析解に対する加重絶対パーセント誤差 (WAPE) は 0.7% であった。

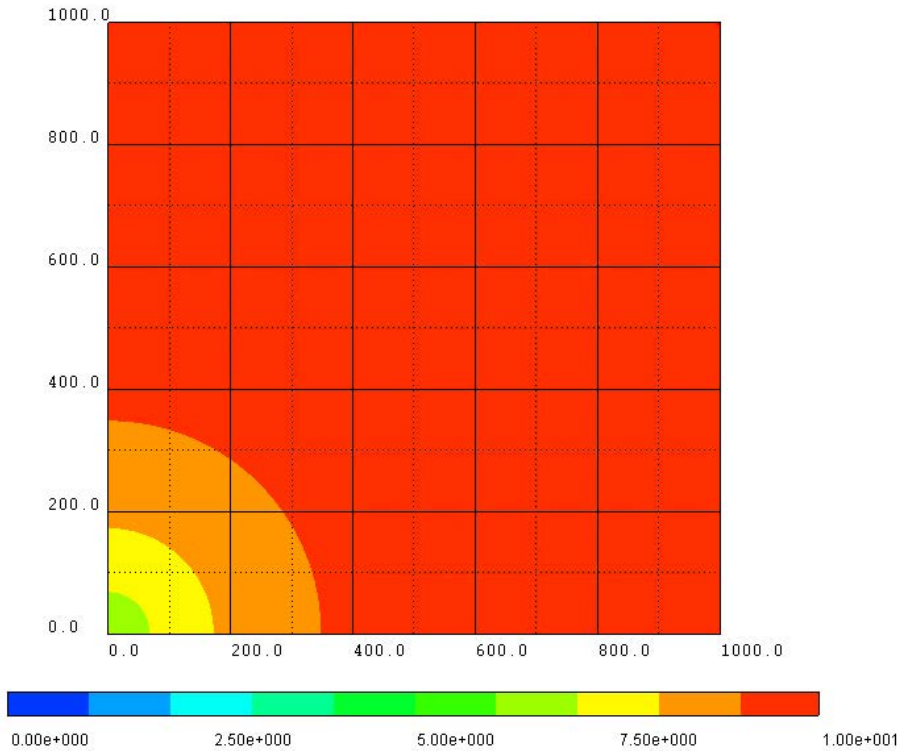


図 5.2 MIG2DF による解析結果  
(揚水停止後 10 分の全水頭分布 (m))

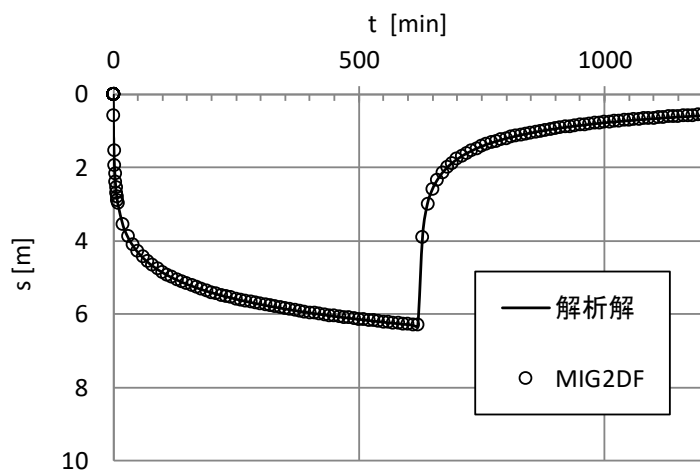


図 5.3 MIG2DF による結果と解析解との比較 (検証計算 1)  
( $r = 10 \text{ m}$  での水位降下量)

5.2 グラウトされたトンネルへの流入

➤ 解析解

半無限の一様な帯水層中にあるグラウトされた円筒状のトンネルを想定する。トンネルの半径を $r$ 、グラウトの厚さを $t$ 、トンネルの深さを $h$ とすると、 $h \gg r$ の場合にトンネル内部への流入量 $q$ は以下のように表される。

$$q = 2\pi k \frac{A}{\ln \frac{2h}{r} + \left(\frac{k}{k_g} - 1\right) \left(\ln \left(1 + \frac{t}{r}\right)\right)}, A = h \frac{1 - \alpha^2}{1 + \alpha^2} \quad (113)$$

ここで、 $k$ は帯水層の透水係数、 $k_g$ はグラウトの透水係数、 $\alpha = (h - \sqrt{h^2 - r^2})/r$ を表す。

➤ 解析条件

MIG2DF での解析条件を表 5.3 に示す。解析はトンネルを中央とした鉛直面に対して行った。また解析解が半無限を想定しているため領域は十分広く設定した。メッシュ分割は他コードとの比較の観点から、多孔質媒体および亀裂中の地下水流動・物質移行解析コード DarcyTools のマニュアル<sup>17)</sup>での同検証計算の設定を参考に設定した。

表 5.3 解析条件 (検証計算 2)

解析範囲	x=[0 m, 3,000 m], z=[-1,000 m, 0 m]
透水係数 (帯水層)	$10^{-5}$ m/s
透水係数 (グラウト)	$10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}, 10^{-9}$ m/s
トンネルの中心位置	x=1,500 m, z=-100 m
トンネルの半径	10 m
グラウトの厚さ	2 m
境界条件	地表・トンネル内部：大気圧、その他：不透水
メッシュ数	13,181 (メッシュサイズ：トンネル $\Delta_{min}=0.5$ m, ニアフィールド： $\Delta_{max}=4$ m, ファーフールド： $\Delta_{max}=33$ m)

➤ 解析結果

トンネル内部への流入量 $q$ の解析結果を図 5.4 に示す。図 5.4 に示されているように、MIG2DF による計算結果は解析解を再現している。今回の計算条件では、解析解に対する加重絶対パーセント誤差 (WAPE) は 1.5%であった。

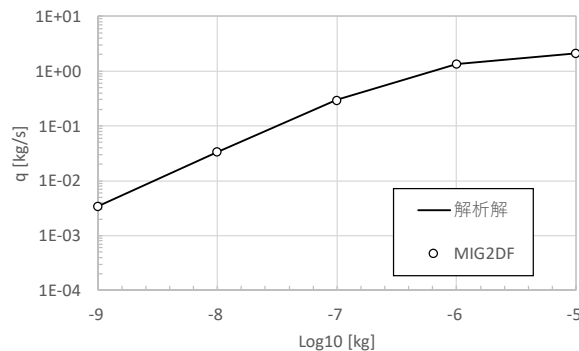


図 5.4 MIG2DF による結果と解析解との比較 (検証計算 2)

5.3 均質な媒体中での一様な流れによる保存性物質の移動

➤ 解析解

均質な媒体中での一様な流れによる保存性溶質（液相中において溶質の質量が保存される物質）の移動（2次元）については、**Hunt (1978)<sup>18)</sup>**により解析解が示されている。

$x$ 方向に一様な流れのある解析領域を想定する。時刻 $t = 0$ において、ある範囲（ $-L_x \leq x \leq L_x, -L_y \leq y \leq L_y$ ）の濃度 $c$ は $c_0$ 、それ以外は $c = 0$ とする。 $x$ 方向の間隙流速を $v$ 、 $x$ 方向の分散係数を $D_x$ 、 $y$ 方向の分散係数を $D_y$ とすると、時刻 $t$ における濃度 $c(x, y, t)$ は以下のように表される。

$$c(x, y, t) = \frac{c_0}{4} \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{x - vt + L_x}{2\sqrt{D_x t}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{x - vt - L_x}{2\sqrt{D_x t}} \right) \right] \cdot \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{y + L_y}{2\sqrt{D_y t}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{y - L_y}{2\sqrt{D_y t}} \right) \right] \quad (114)$$

➤ 解析条件

MIG2DFでの解析条件を表 5.4 および図 5.5 に示す。解析は風上法（上流パラメータ自動計算）により実施した。なお密度は全て  $1 \text{ g/cm}^3$  とし、密度流は考慮しない。今回の条件において、 $x$ 方向のペクレ数（ $= u\Delta x/D$ （ $\Delta x$ ：要素間隔））は0.1、クーラン数（ $= v\Delta t/\Delta x$ （ $v$ ：間隙流速、 $\Delta t$ ：タイムステップ））は0.1である。

表 5.4 解析条件（検証計算 3）

解析範囲	$x=[-500 \text{ m}, 1,000 \text{ m}], y=[-500 \text{ m}, 500 \text{ m}]$
間隙流速（ $x$ 方向）	1 m/day（間隙率：0.1）
分散長	$\alpha_L=10 \text{ m}, \alpha_T=0 \text{ m}$
メッシュ数	15,000（メッシュサイズ：10 m × 10 m）
タイムステップ	1 日

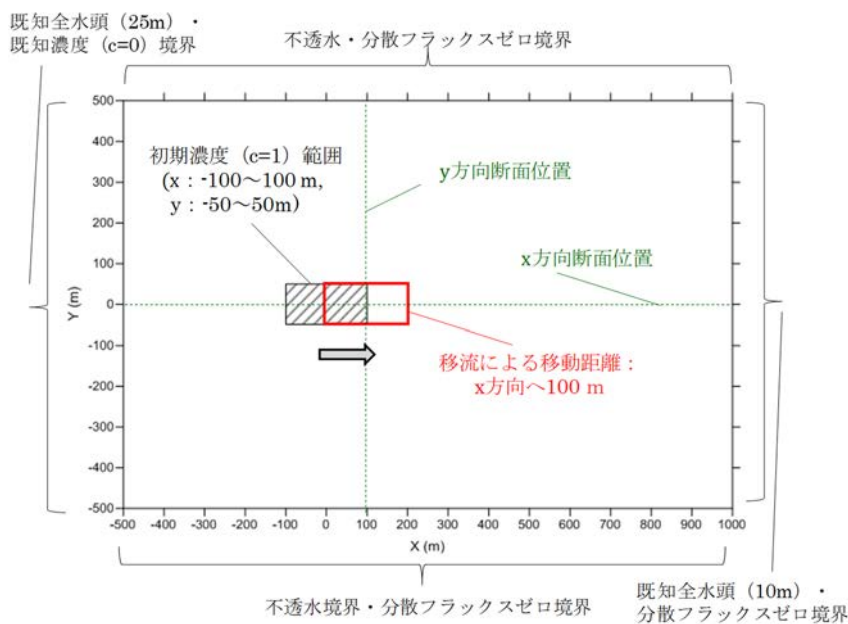


図 5.5 解析条件（検証計算 3）

➤ 解析結果

風上法による 100 日後の濃度分布を図 5.6 に、 $y = 0$ における解析解と MIG2DF による解析結果の比較を図 5.7 に示す。図 5.7 に示すように、MIG2DF による計算結果は解析解を再現している。今回の計算条件では、解析解に対する加重絶対パーセント誤差 (WAPE) は 5.0%であった。

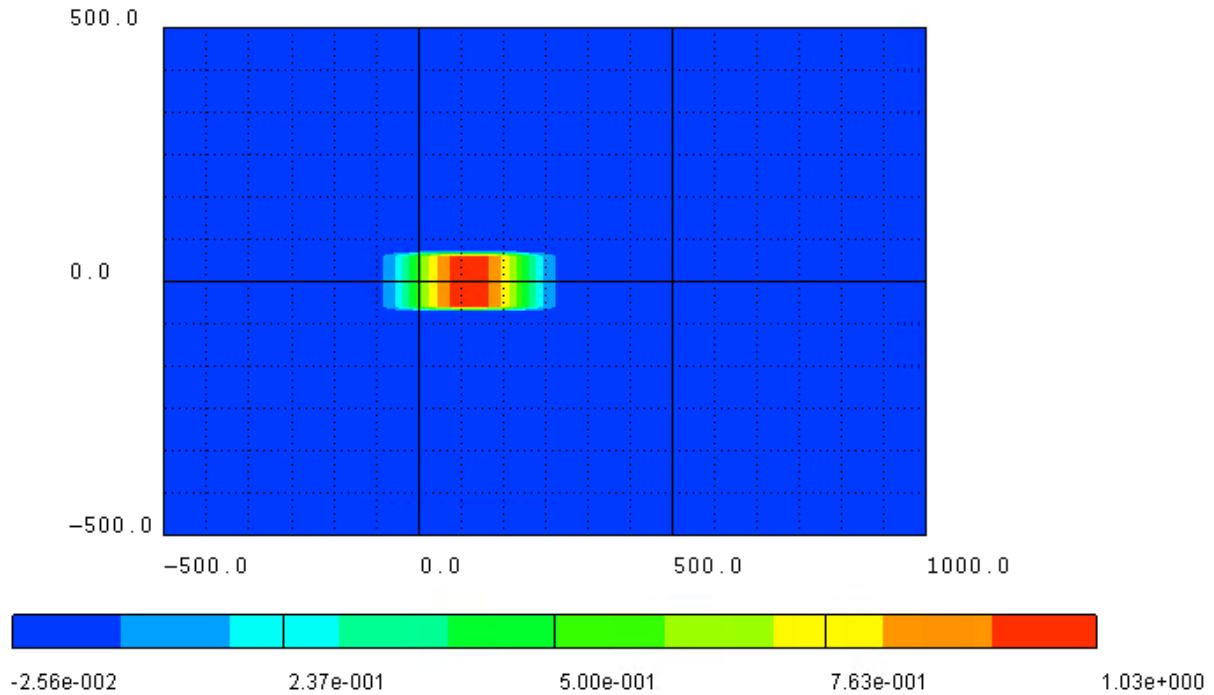


図 5.6 MIG2DF による解析結果  
(100 日後における規格化された濃度分布)

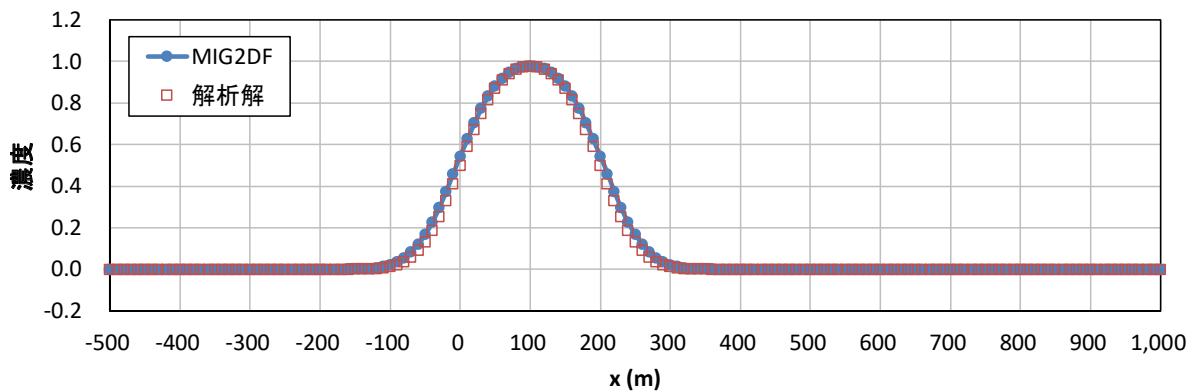


図 5.7 MIG2DF による結果と解析解との比較 (検証計算 3)

### 5.4 海岸帯水層への塩水侵入（Henry 問題）

➤ 解析解

Henry 問題は最もよく使われている密度流に対するテストケースであり、初期が淡水状態の被圧帯水層中への塩水侵入問題である。Henry 問題に対し、Segol (1994)<sup>19)</sup>では分散を一定値として考慮した場合の準解析解が求められており、解は以下の3つの無次元パラメータに依存する。

$$a = \frac{Q}{k_1 d}, b_d = \frac{\varepsilon D_d}{Q}, \xi = \frac{L}{d} \left( k_1 = K \left( \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} \right) \right) \quad (115)$$

ここで、 $Q$ は領域への淡水の流入量、 $K$ は透水係数、 $\rho_s$ 、 $\rho_0$ は塩水、淡水の密度、 $L$ は領域の幅、 $d$ は領域の深さを示す。また機構的分散も合わせて考慮した場合の準解析解については、Fahs et al. (2016)<sup>19)</sup>によって求められている。

➤ 解析条件

検証は Fahs et al. (2016)<sup>20)</sup>に基づき、分散に対する2ケースの設定で実施した。ケース1はHenry問題のオリジナルの設定値<sup>19)</sup>であり、均質等方性の多孔質媒体を想定したものであり、分散長を0と仮定している。ケース2は分散長を考慮しており、媒体のスケールに応じた不均質性に起因する分散に対応している。MIG2DFでの解析条件を図5.8、表5.5および表5.6に示す。塩分濃度解析はガラーキン法により実施し、ケース1は約3時間後、ケース2は約12時間後に定常状態に達した。タイムステップは0.5~1秒とした。解析は準解析解を再現するよう、詳細なメッシュ間隔・タイムステップで実施した。ガラーキン法では von Neumann の安定条件からペクレ数を2以下とする必要がある。今回の条件において、 $x$ 方向のペクレ数はケース1で約1.5以下、ケース2で約0.2以下であり、この条件を満たしている。またクーラン数は両者とも約0.5以下である。

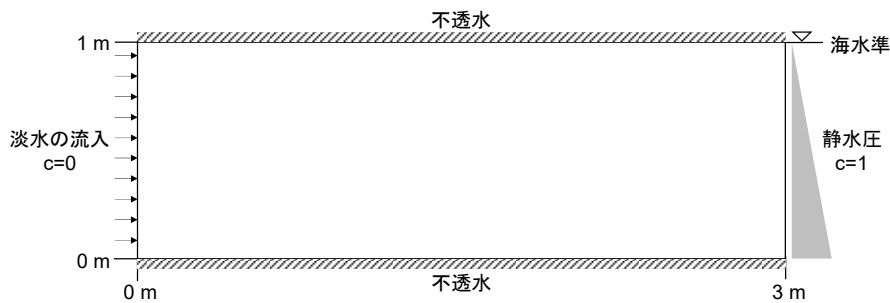


図 5.8 解析条件（検証計算 4）

表 5.5 解析条件（検証計算 4）

解析範囲	$x=[0 \text{ m}, 3 \text{ m}], z=[0 \text{ m}, 1 \text{ m}]$
透水係数	$10^{-2} \text{ m/s}$
間隙率	0.35
淡水密度	$1,000 \text{ kg/m}^3$
塩水密度	$1,025 \text{ kg/m}^3$
淡水の流入量	$6.60 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
メッシュ数	7,500（メッシュサイズ：0.02 m × 0.02 m）
タイムステップ	0.5~1 秒

表 5.6 分散に対する条件設定 (検証計算 4)

ケース 1	ケース 2
$\alpha_L=0 \text{ m}$ , $\alpha_T=0 \text{ m}$ , $D_d=18.86 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ $(b_d = 0.1)$	$\alpha_L=0.1 \text{ m}$ , $\alpha_T=0.01 \text{ m}$ , $D_d=9.43 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ $(b_d = 5.0 \times 10^{-4})$

➤ 解析結果

規格化された塩分濃度分布の解析結果を図 5.9 に示す。図 5.9 に示されているように、ケース 1 では MIG2DF による結果は準解析解を再現している。ケース 2 ではおおむね再現できているものの、領域下端の塩淡境界において準解析解とのずれが生じており、マスバランスが取れていない。これは数値分散によるものであり、ケース 2 では分散が小さく移流が卓越するためにこのような誤差が発生する。この誤差はメッシュをさらに細分化することで改善することが可能である。

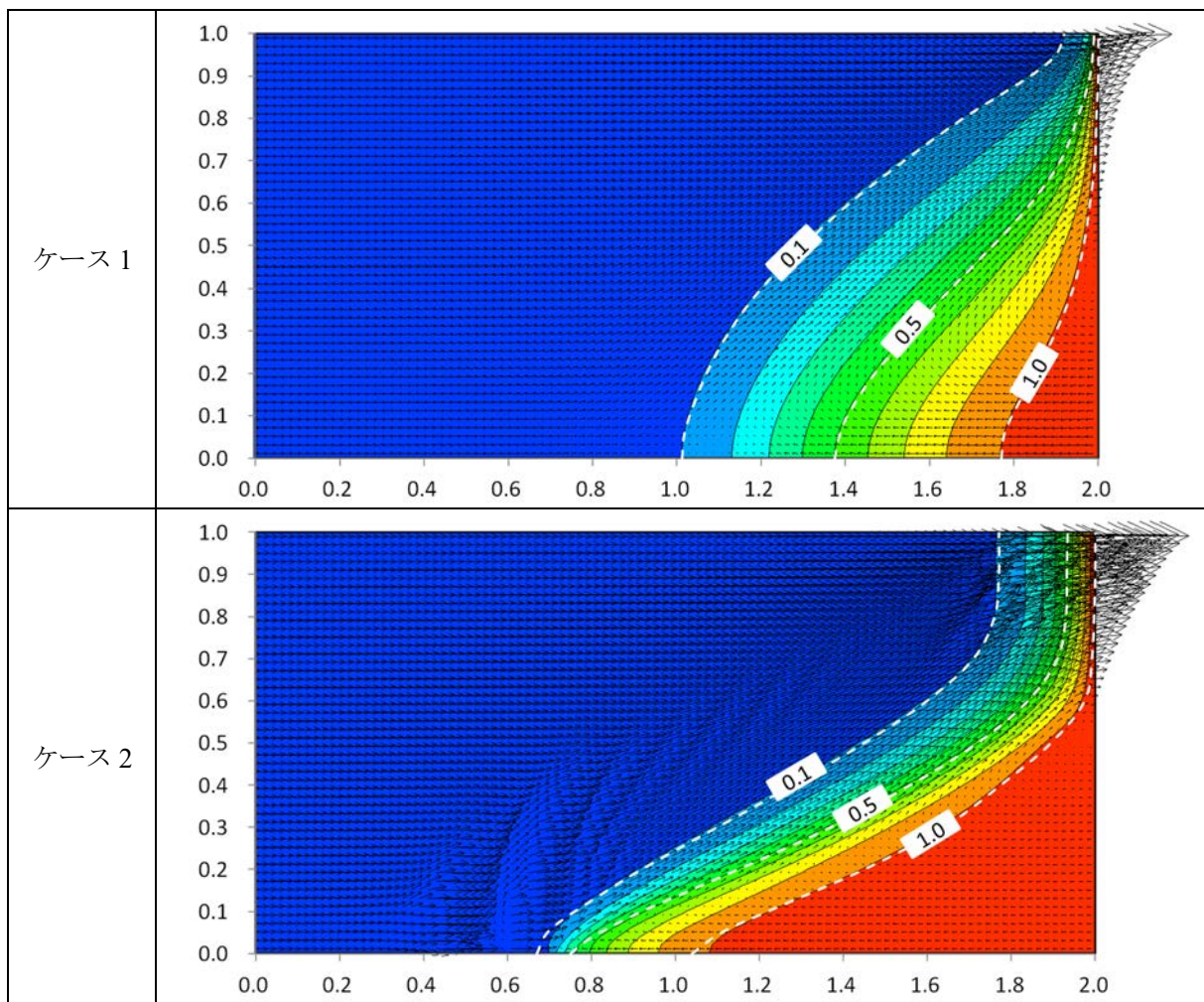


図 5.9 MIG2DF による結果と解析解との比較 (検証計算 4)  
 (規格化された塩分濃度分布および流速ベクトル、白破線：準解析解)

### 5.5 島嶼の塩水—淡水境界

➤ 解析解

沿岸域の帯水層では、陸域で涵養された淡水が海に向けて流出し、密度差によって淡水が海水の上に浮いている状態となっている。透水性の地層から成る低平な小島嶼では、このような地下の海水上に浮かぶ淡水（淡水レンズ）が重要な水資源となっている。Fetter(1994)<sup>21)</sup>は島嶼における塩水—淡水界面の位置を求める式を導出した。

図 5.10 に、地表から降雨による涵養を受ける島嶼での地下水流動の模式図を示す。島を半径 $R$ のドームで近似し、地表からの涵養強度を $N_R$ 、自由地下水面の高さを $h_f$ とすると、半径 $r$ における塩水—淡水界面の深さ $h_{fs}$ は以下のように求められる。

$$h_{fs} = \delta_{sf} \sqrt{\frac{(R^2 - r^2)N_R}{2K(1 + \delta_{sf})}} \quad (116)$$

ここで、 $K$ は透水係数、 $\delta_{sf} = \rho_0/(\rho_s - \rho_0) = 40$ である。

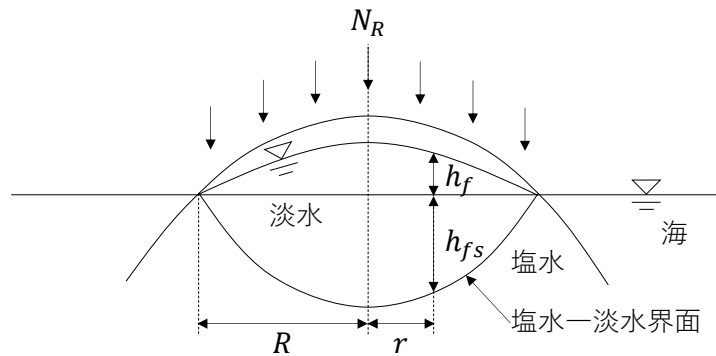


図 5.10 島嶼における塩水—淡水界面（藤縄（2010）<sup>16)</sup>を参考に作成）

➤ 解析条件

降雨浸透および海水準変動を考慮した検証計算を実施するために、以下の3つの解析を行った：

- ① 定常状態の解析  
(初期状態：領域全体が海水で満たされた状態、海水準 0 m、降水量 0.01 m/y)
- ② 降雨量を変動させた解析  
(初期状態：①における定常状態、降水量：0年：0.01 m/y, 100年後：0.015 m/y（線形に変化）)
- ③ 海水準を変動させた解析  
(初期状態：①における定常状態、海水準：0年：0 m, 100年後：1.5 m（線形に変化）)

MIG2DFでの境界条件を表 5.7 に、解析条件を表 5.8 に示す。解析は島の中央を中心とする軸対称3次元モデルを用いて実施した。降雨量・海水準変動に対応した計算は、降雨条件データ (RAIN) およびライン水位条件データ (LINE) を併用することで実行した（地表面全体に設定）。浸透流解析での可変境界条件に対応した移流分散解析を行うため、塩分濃度解析はEL法により実施した。縦分散長は領域範囲（深さ方向）の1/10、横分散長は縦分散長の1/10と仮定した。今回の条件において、ペクレ数 ( $\sim \Delta x/\alpha_L$ ) は約 0.3、クーラン数は最大で約 0.1 である。



表 5.7 境界条件 (検証計算 5)

境界		浸透流	塩分濃度
地表面	陸域	降雨境界	$Q < 0: c = 0$ $Q > 0: \partial c / \partial x = 0$
	海域	圧力固定	$Q < 0: c = 1$ $Q > 0: \partial c / \partial x = 0$
左側面		圧力固定	$c = 1$
右側面・底面		不透水	$\partial c / \partial x = 0$

表 5.8 解析条件 (検証計算 5)

解析範囲	水平方向 : 1 km、深度 : -100 m 標高 : -5~5m (= $5 \sin \left[ \text{rad} \left\{ \frac{90}{500} (x + 500) \right\} \right]$ , $x = 0 \sim 1000$ ) (※島の半径 : 海水準 0 m→500 m、海水準 1.5 m→400 m)
透水係数	20 m/y
間隙率	0.1
分散長	$\alpha_L = 10$ m (領域範囲 (深さ方向) の 1/10)、 $\alpha_T = 1$ m (縦分散長の 1/10)
分子拡散係数	$1.0 \times 10^{-9}$ m <sup>2</sup> /s
淡水密度	1,000 kg/m <sup>3</sup>
塩水密度	1,025 kg/m <sup>3</sup>
メッシュ数	9,000 (メッシュサイズ : 3.3 m×4~2.1 m)
タイムステップ	0.1~1 年

不飽和浸透特性は、van Genuchten (1980)<sup>22</sup> の式により考慮した。ここで、 $S_e$  は相対含水率、 $\theta_r$  は残留体積含水率、 $\theta_s$  は飽和体積含水率、 $k_\theta$  は比透水係数を表す。解析では Ketabchi et al. (2013)<sup>23</sup> の設定を参考に、 $\alpha = 0.5, n = 2, \theta_r = 0.03, \theta_s = 0.1$  (間隙率) とした (図 5.11)。

$$S_e = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r) \tag{117}$$

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) [1 + (\alpha h_p)^n]^{-m} \quad (m = 1 - 1/n) \tag{118}$$

$$k_\theta = S_e^l \left[ 1 - (1 - S_e^{1/m})^m \right]^2 \quad (l = 0.5) \tag{119}$$

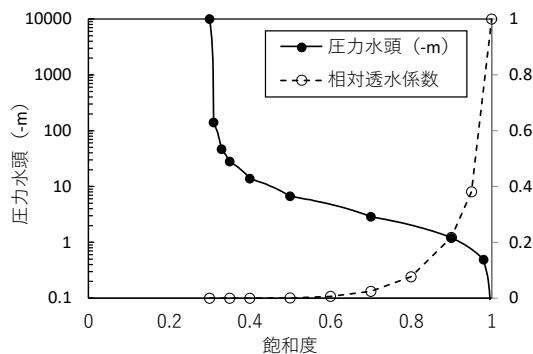


図 5.11 不飽和浸透特性 (検証計算 5)

➤ 解析結果 (①定常状態の解析)

定常となった状態 (800 年後) における、規格化された塩分濃度分布の解析結果を図 5.12 に示す。解析解 (シャープな塩淡境界) は分散を考慮していないため数値解析の傾向 (淡水—塩水の遷移帯が形成) とは異なるが、MIG2DF による淡水—塩水の遷移帯の結果は解析解とおおよそ一致した。ただし解析において分散を考慮しない (分散長・分子拡散係数が 0) 場合でも、図 5.13 のように数値分散によって汽水域が形成する。これについて藤縄ら (2005)<sup>24)</sup>では、海岸帯水層中の物質輸送解析においては汽水域で塩分濃度が急激に変化するのみでなく、陸域から海域へ流動する地下水流と海域から陸域へ流動する地下水流が会う汽水域では地下水流動ベクトルは急激に変化するため、汽水域の幅が過大評価されることを指摘している。なお解析解は分散を考慮しない場合の淡水—塩水の遷移帯の中央付近に位置していることから、結果は妥当と考えられる。

また汀線位置周辺の拡大図 (図 5.12 右図) を見ると、汀線位置より海側の要素でも流出が起こっており、可変境界条件を設定することで海岸部における流動地下水の流出口を考慮できることが確認された。

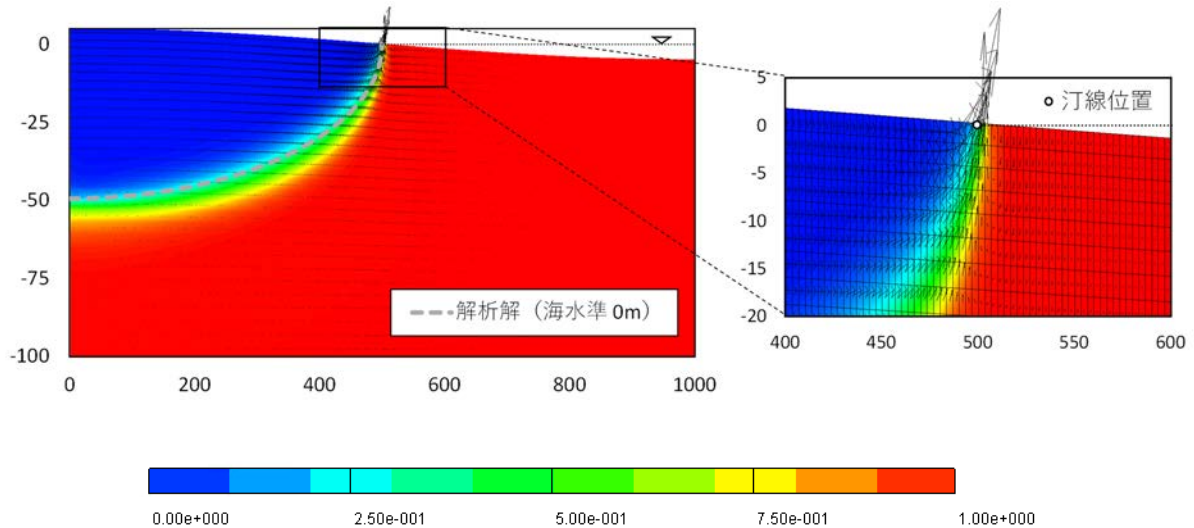


図 5.12 MIG2DF による結果 (検証計算 5 (①定常状態の解析))  
(規格化された塩分濃度分布・流速ベクトル) (▽: 表示時点での海水準)

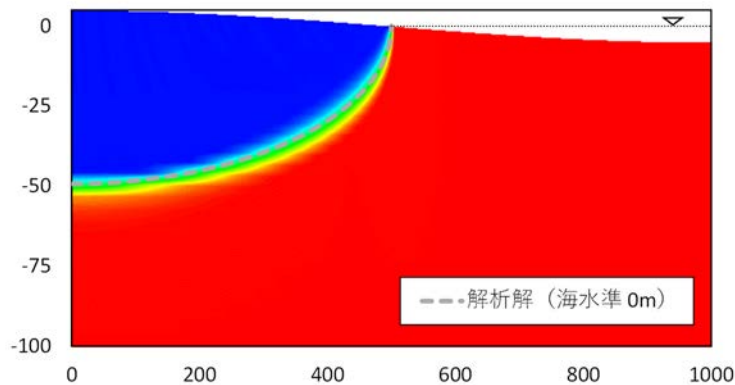


図 5.13 MIG2DF による結果 (検証計算 5 (①定常状態の解析): 分散なし)  
(規格化された塩分濃度分布) (▽: 表示時点での海水準)

➤ 解析結果 (②降水量を変動させた解析)

降水量を 0.01m/y (0 年) から 0.015 m/y (100 年後) に変化させた場合の規格化された塩分濃度分布の解析結果を図 5.14 に示す。降雨量の増加に伴い塩淡水境界が徐々に低下し、定常となった状態 (500 年) の淡水—塩水の遷移帯は解析解とおおよそ一致することが確認された。

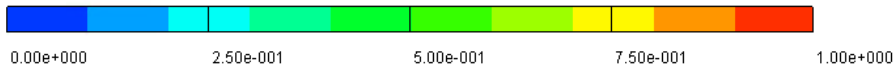
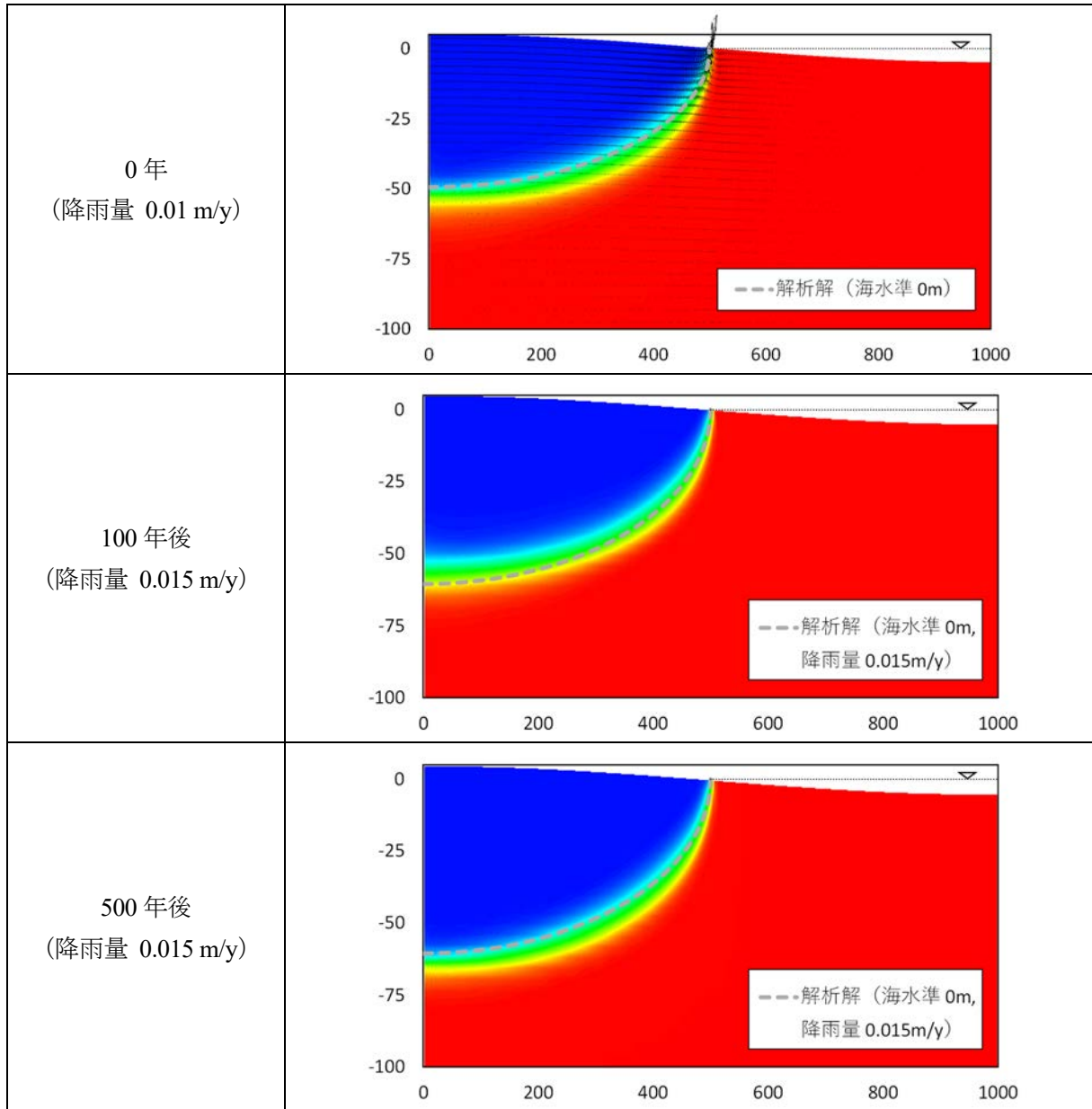


図 5.14 MIG2DF による結果 (検証計算 5 (②降水量を変動させた解析))  
(規格化された塩分濃度分布) (▽: 表示時点での海水準)

➤ 解析結果 (③海水準を変動させた解析)

海水準を 0 m (0 年) から 1.5 m (100 年後) に変化させた場合の規格化された塩分濃度分布の解析結果を図 5.15 に示す。海水準の上昇に伴い塩淡境界が徐々に上昇し、定常となった状態 (700 年) の淡水—塩水の遷移帯は解析解とおおよそ一致することが確認された。

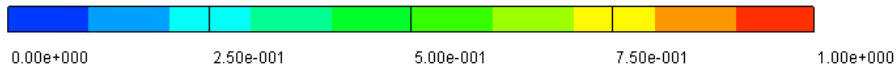
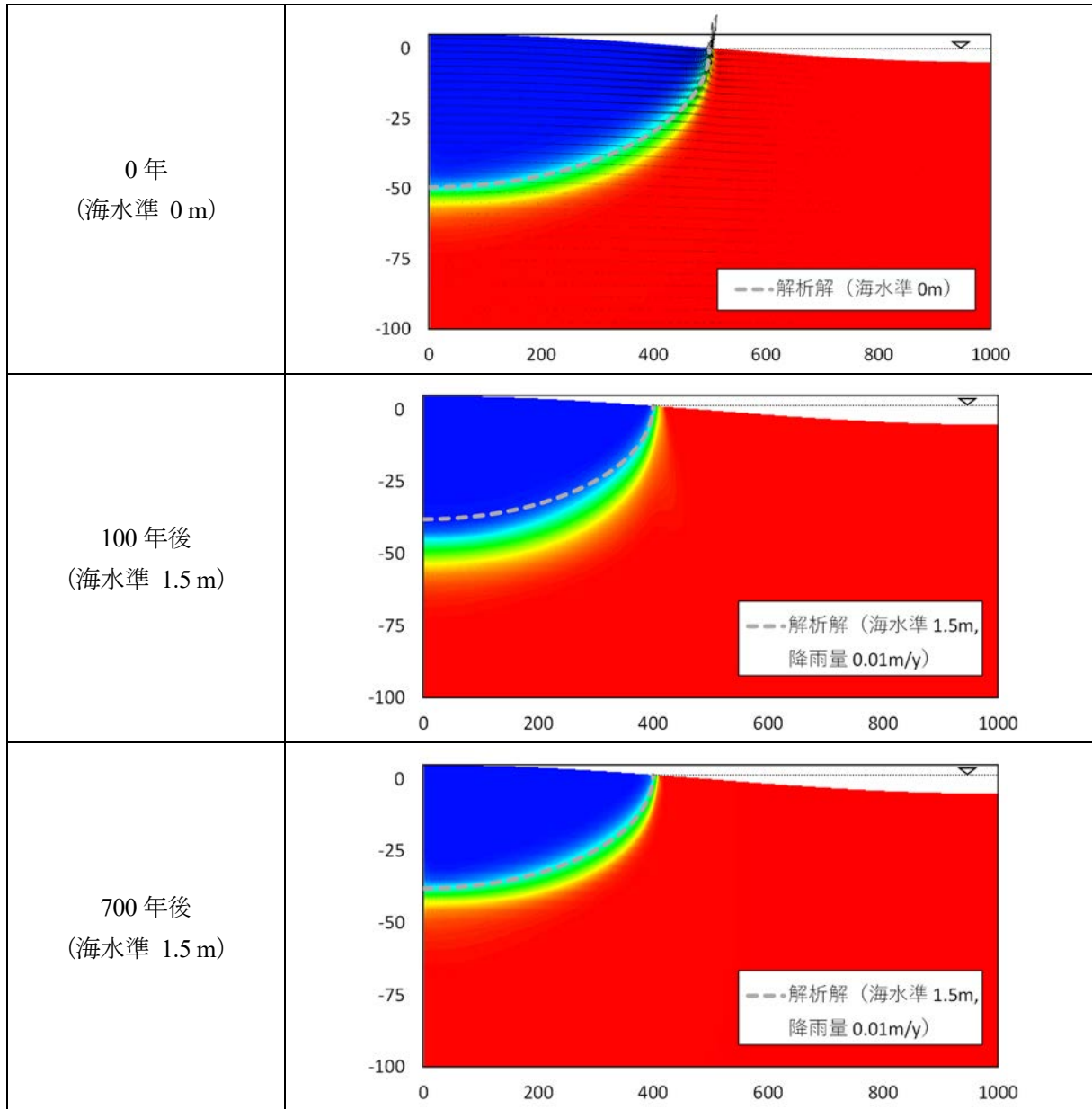


図 5.15 MIG2DF による結果 (検証計算 5 (③海水準を変動させた解析))  
(規格化された塩分濃度分布) (▽: 表示時点での海水準)

## 6. 外部プログラム

MIG2DF では外部プログラムとして、粒子追跡解析コード (PASS\_TRAC)、解析用データセット作成コード (PASS\_PRE)、ポスト表示コード (PASS\_POST) を整備している。各コードの概要は以下のとおりである。

- 地下水流路解析コード (PASS\_TRAC)  
MIG2DF により得られた地下水水頭値分布を用いて地下水流路解析を行うコード
- 解析用データセット作成コード (PASS\_PRE)  
汎用有限要素法プリ・ポストプロセッサ FEMAP<sup>25)</sup>より作成された有限要素モデルを FEMAP NEUTRAL ファイルに出力し、そのファイルを MIG2DF の入力データに変換するプログラム
- ポスト表示コード (PASS\_POST)  
汎用可視化処理ソフト AVS/Express<sup>26)</sup>を用いて MIG2DF および PASS\_TRAC の解析結果を行うコード

これらの外部プログラムを使用した地下水流動解析の流れを図 6.1 に示す。

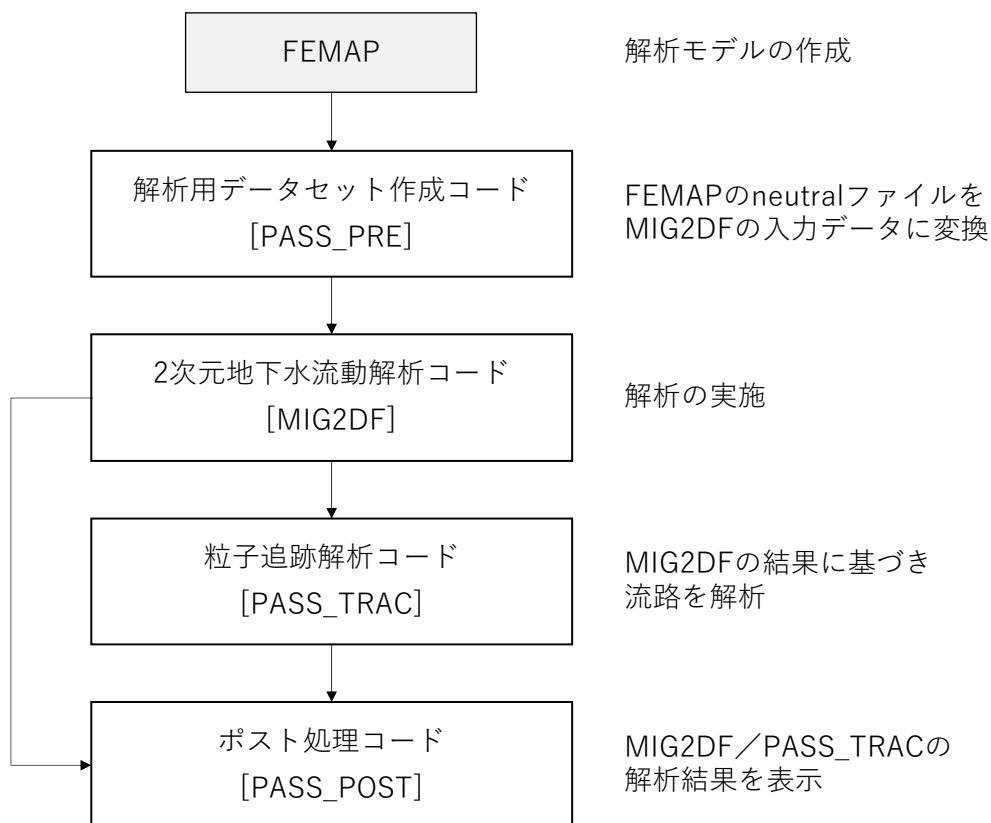


図 6.1 外部プログラムを使用した地下水流動解析の流れ

各コードの詳細については、Appendix-V、VI、VIIに示す。

## 7. 動作環境

MIG2DF、PASS\_TRAC、PASS\_PRE、PASS\_POST の動作環境を表 7.1 に示す。

表 7.1 動作環境

	MIG2DF	PASS_TRAC	PASS_PRE	PASS_POST
OS	Windows 7, 8, 10 (64bit)			
言語	Fortran	Fortran	Fortran	C, AVS V
別途必要なソフトウェア	—	—	FEMAP (ver. 11.0 まで)	AVS/Express

## 8. おわりに

放射性廃棄物処分の安全評価を目的とした、多孔質媒体に対する地下水流動および核種移行の評価コード MIG2DF の第 2 版を開発した。第 2 版では、地下水流動解析の可変境界条件に対し安定に計算を行うための改良を、第 1 版に対して行った。また、沿岸域を対象とした長期の安全評価では海水準変動の影響を考慮する必要があることを踏まえ、塩分濃度解析に対する解法の追加・改良を行い、地下水流動の可変境界条件に対応した連成境界条件を新たに導入した。さらに、浸透流・塩分濃度解析に対する一般的な解析解に対する複数の検証計算を行い、解析解をよく再現することを確認した。また降雨・海水準変動に対する塩分濃度分布の変化について、適切に解析できることを確認し、今回開発した MIG2DF が長期の安全評価における地下水流動評価に有用であることを確認した。ただし、分散が小さく移流が卓越する場合に数値分散の発生が見られたため、移流が卓越する領域では要素分割が適切に行われているかに留意する必要がある。また沿岸域を対象とした長期の安全評価では、隆起・侵食や海水準変動による地形変化が地下水流動に影響を与える可能性がある。そのため、地形変化と地下水流動を連成した解析を行うための拡張が今後必要である。さらに、実際の問題に対する検証について、今後検討を進める必要がある。

## 謝辞

本報作成にあたって、株式会社テラバイトの加藤信之氏、滑川麻紀氏、株式会社ヴィジブルインフォメーションセンターの板津透氏、西村優基氏には多大な御指導・御協力を賜りました。ここに記して深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) Kimura, H., The MIG2DF Computer Code User's Manual, JAERI-M 92-115, 1992, 48p.
- 2) Neuman, S. P. et al., Saturated unsaturated seepage by finite elements, Journal of the Hydraulics Division, vol. 99, no. 12, 1973, pp.2233-2250.
- 3) 赤井浩一, 大西有三, 西垣誠, 有限要素法による飽和—不飽和浸透流の解析, 土木学会論文報告集, vol. 264, 1977, pp.87-96.
- 4) Scheidegger, A. E., General theory of dispersion in porous media, Journal of Geophysical Research, vol. 66, no. 10, 1961, pp.3273-3278.
- 5) Bear, J. and Bachmat, Y., A generalized theory on hydrodynamic dispersion in porous media, Proceedings of the IASH Symposium on Artificial Recharge and Management of Aquifers, Haifa, Israel, 1967, vol. 72, pp.7-16, <http://hydrologie.org/redbooks/a072/07201.pdf> (参照 : 2020 年 6 月 1 日) .
- 6) Galeati, G and Gambolati, G, On boundary conditions and point sources in the finite element integration of the transport equation, Water Resources Research, vol. 25, 1989, pp.847-856.
- 7) Neuman, S. P., A Eulerian-Lagrangian Numerical Scheme for the Dispersion-Convection Equation Using Conjugate Space-Time Grids, Journal of Computational Physics, vol. 41, no. 2, 1981, pp.270-294.
- 8) Neuman, S. P. and Sorec, S., Eulerian-Lagrangian Method for Advection-Dispersion, Finite Elements in Water Resources, Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference, Hannover, Germany, 1982, pp.14-41-14-68.
- 9) Neuman, S. P., Adaptive Eulerian-Lagrangian Finite Element Method for Advection-Dispersion, International journal for Numerical Methods in Engineering, vol. 20, no. 2, 1984, pp.321-337.
- 10) Neuman, S. P. and Narasimhan, T. N., Mixed Explicit-Implicit Iterative Finite Element Scheme for Diffusion-Type Problems: I. Theory, International Journal for Numerical Methods in Engineering, vol. 11, no. 2, 1977, pp.309-323.
- 11) 西垣誠, 菱谷智幸, 橋本学, 河野伊一郎, 飽和・不飽和領域における物質移動を伴う密度依存地下水流の数値解析手法に関する研究, 土木学会論文集, vol. 511, III-30, 1995, pp.135-144.
- 12) Cady, R. and Neuman S. P., Three-dimensional adaptive Eulerian-Lagrangian finite element method for advection-dispersion, Developments in Water Science, vol. 36, 1988, pp.183-193.
- 13) Yeh, G. et al., 3DFEMWATER/3DLEWASTE: Numerical Codes for Delineating Wellhead Protection Areas in Agricultural Regions Based on the Assimilative Capacity Criterion, U.S. Environmental Protection Agency, 1992, 254p.
- 14) Huyakorn, P. S. and Nilkuha, K., Solution of transient transport equation using an upstream finite element scheme, Applied Mathematical Modelling, vol. 3, no. 1, 1979, pp.7-17.
- 15) Theis, C. V., The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage, Proceedings of American Geophysical Union Transactions, 16<sup>th</sup> Annual Meeting, Washington, D.C., 1952, vol. 16, no. 2, pp.519-524, <https://water.usgs.gov/ogw/pubs/Theis-1935.pdf> (参照 : 2020 年 6 月 1 日) .
- 16) 藤縄克之, 環境地下水学, 共立出版, 2010, 368p.
- 17) Svensson, U., DarcyTools, Version 3.4. Verification, Validation and Demonstration, SKB R-10-71, 2010, 183p.

- 18) Hunt, B., Dispersive Sources in Uniform Ground-Water Flow, Journal of the Hydraulics Division, vol. 104, no. 1, 1978, pp.75-85.
- 19) Segol, G., Classic groundwater simulations: Proving and improving numerical models, Prentice-Hall, 1993, 531p.
- 20) Fahs, M. et al., The Henry problem: New semianalytical solution for velocity-dependent dispersion, Water Resources Research, vol. 52, 2016, pp.7382-7407
- 21) Fetter, C. W., Applied Hydrogeology, 3<sup>rd</sup> ed., Prentice Hall, 1994, 598p.
- 22) Genuchten, M. T. van, A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, Soil Science Society of America Journal, vol. 44, no. 5, 1980, pp.892-898.
- 23) Ketabchi, H. et al., Sea-level rise impact on fresh groundwater lenses in two-layer small islands, Hydrological Processes, vol. 28, no. 24, 2013, pp.5938-5953.
- 24) 藤縄克之, 増岡健太郎, 長野宇規, 渡辺紹裕, 海面上昇がゼロメートル地帯に及ぼす影響を予測するための塩水浸入数値解析モデル, 土木学会論文集, vol. 790, 2005, pp.790\_35-790\_48.
- 25) Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., Femap - Finite Element Modeling and Postprocessing, User's Guide, 2016.
- 26) Advanced Visual Systems Inc., AVS/Express, User's Guide Version 2.19, 2018.



## 付 録

## Appendix- I プログラムの構成

MIG2DF における主な解析内容は、以下の 4 つである。

- ① 定常地下水流動解析
- ② 非定常地下水流動解析
- ③ 核種移行解析
- ④ 塩分濃度解析

これらの解析を組み合わせることによって新たな解析の種類ができ、実行する解析は入力ファイルにおいて指定する。表 I.1 に MIG2DF 入力ファイルにおいて指定する解析種類番号、解析内容、および、使用するサブルーチンを示す。

MIG2DF の解析に関する主要サブルーチンは SEEP03 である。SEEP03 における解析の流れを図 I.1 に示す。SEEP03 は、以下の処理を経て実行される。

- ① メインプログラム mig2df\_main からサブルーチン DIFFUS を実行
- ② サブルーチン DIFFUS からサブルーチン SEEP02 を実行
- ③ サブルーチン SEEP02 からサブルーチン SEEP03 を実行

また MIG2DF では塩分濃度解析の解法として、ガラーキン法・風上法/EL 法の 2 つが選択できる。塩分濃度解析を実行するサブルーチン SLTUNS において、ガラーキン法・風上法はサブルーチン SLTCNC、EL 法はサブルーチン EL\_CONCE を呼び出すことで実行される (図 I.2)。

表 I.1 MIG2DF で実行される解析一覧

解析種別番号	解析種別名	定常地下水流動解析	非定常地下水流動解析	非定常塩分濃度解析	核種移行解析	使用サブルーチン	備考
1	定常地下水流動解析	○				STEADY	
2	非定常地下水流動解析		○			TRANST	リスタート計算では、実行コマンドにおいて指定した解析結果が初期値として読み込まれる。
3	定常地下水流動解析 + 非定常地下水流動解析	○	○			STEADY, TRANST	定常地下水流動解析を初期値計算用を使用
60	定常地下水流動解析 + 核種移行解析	○			○	NTRANS	
61	核種移行解析	△	△		○	NTRANS	
64	核種移行解析リスタート	△	△		○	NTRANS	リスタート計算では、実行コマンドにおいて指定した解析結果が初期値として読み込まれる。
70	非定常塩分濃度解析			○		SLTUNS	
71	定常地下水流動解析 + 非定常塩分濃度解析	○		○		STEADY, SLTUNS	定常地下水流動解析を初期値計算用を使用
72	非定常塩分濃度解析 + 核種移行解析			○	○	SLTUNS, SLTNUC	
73	定常地下水流動解析 + 非定常塩分濃度解析 + 核種移行解析	○		○	○	STEADY, SLTUNS, SLTNUC	定常地下水流動解析を初期値計算用を使用
74	塩分濃度解析リスタート			△○		SLTUNS	リスタート計算では、実行コマンドにおいて指定した解析結果が初期値として読み込まれる。
75	非定常塩分濃度解析結果を使用した核種移行解析リスタート			△○	△○	SLTNUC	リスタート計算では、実行コマンドにおいて指定した解析結果が初期値として読み込まれる。

○ 計算実行 △ 計算結果を使用

\*非定常塩分濃度解析サブルーチンSLTUNSは、非定常地下水流動解析を含む。

\*\*核種移行解析サブルーチンNTRANSは、定常地下水流動解析を含み、非定常地下水流動解析は含まない。

\*\*\*リスタート計算を行う場合は、前計算における最終解析時刻を今計算の計算開始時刻に一致させる。

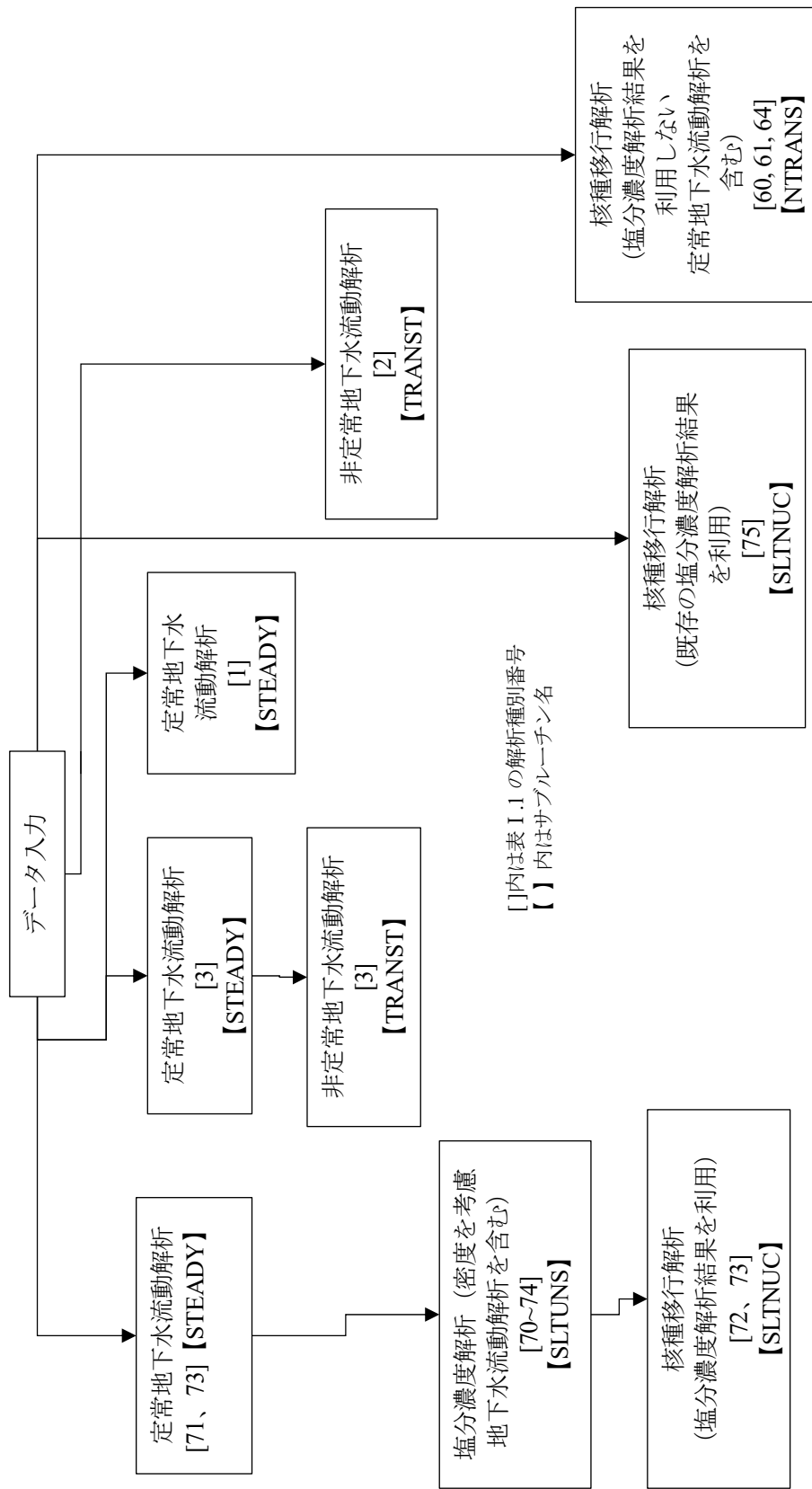


図 I.1 サブルーチン SEEP03 における解析の流れ

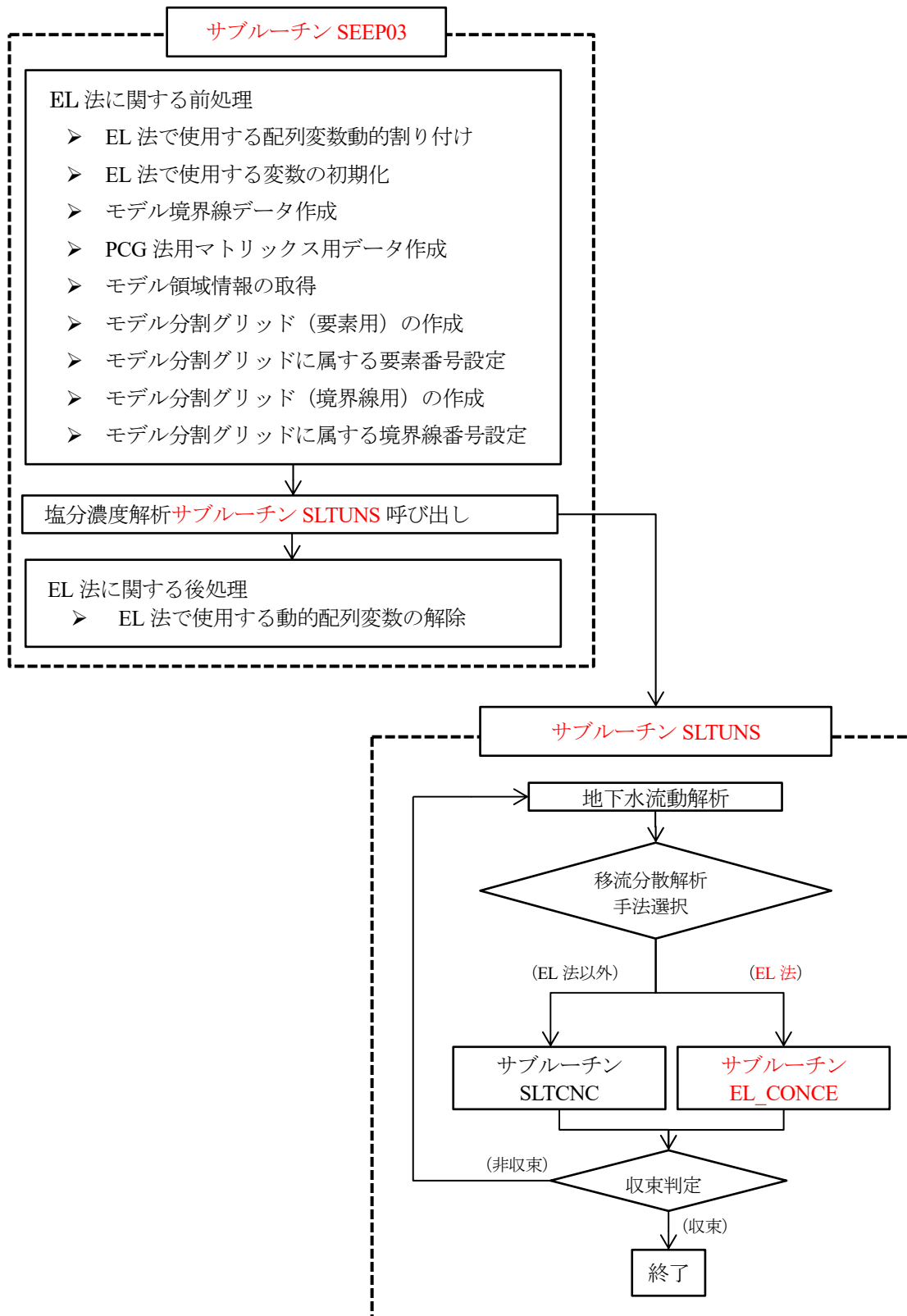


図 I.2 MIG2DF における EL 法処理の流れ

Appendix-II 入力データおよび出力データ

MIG2DF の入力データおよび出力データの関係性および概要を、図 II.1 および表 II.1 に示す。

MIG2DF 入力データ（拡張子 MDATA）および初期塩分濃度データ（拡張子 MSALT）のデータ名は任意であり、両者で同じデータ名を使用する必要がある。入力データ名は全ての出力データ名に反映される。また、EL 法の入力データ名は fort.102 とする必要がある。

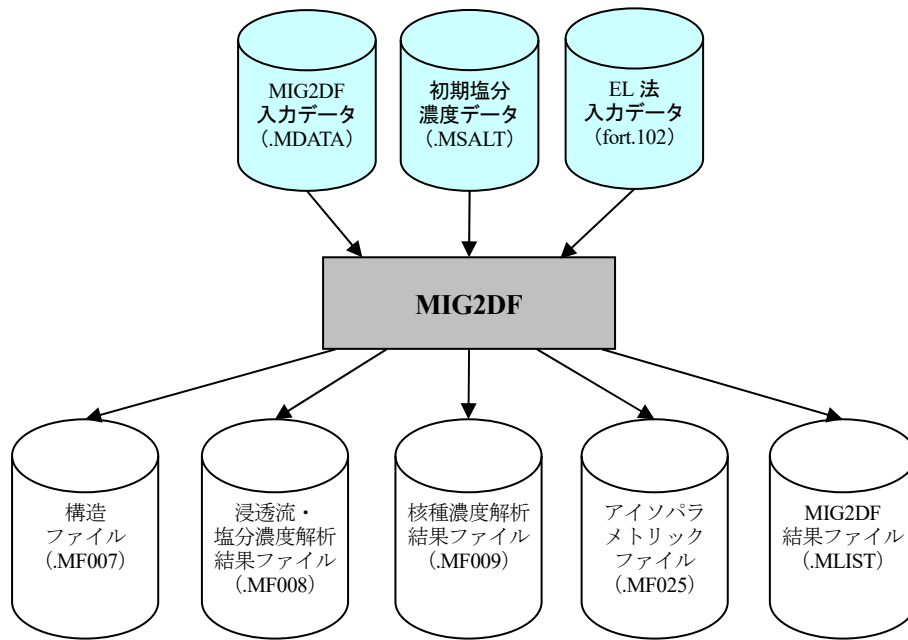


図 II.1 入力データおよび出力データの関係性

表 II.1 入力データおよび出力データの概要

データ	ファイル名 ／拡張子	データ 形式	内容	備考
入力 データ	.MDATA	テキスト	MIG2DF 入力データ	
	.MSALT		初期塩分濃度データ	塩分濃度解析を行う場合のみ必要
	fort.102		EL 法入力データ	EL 法による塩分濃度解析を行う場合のみ必要
出力 データ	.MLIST	テキスト	MIG2DF 結果ファイル	
	.MF007	バイナリ	構造ファイル	
	.MF008		浸透流・塩分濃度解析結果ファイル	
	.MF009		核種濃度解析結果ファイル	
	.MF025		アイソパラメトリックファイル	

Appendix-III 入力データ

MIG2DF での解析に必要な入力データである、MIG2DF 入力データ（拡張子 MDATA）、初期塩分濃度データ（拡張子 MSALT）、EL 法入力データ（fort.102）について、その詳細を以下に示す。

1. MIG2DF 入力データ

(1) 入力データ一覧

MIG2DF 入力データにおけるデータ一覧を表Ⅲ.1 に示す。これらのうち、実行する解析において必要なデータのみを記載する。各データの詳細は、表中の対応する節において記載する。

表 Ⅲ.1 入力データ一覧 (1/2)

節番号	ヘッダー	内 容
1.1	****	コメントデータ
1.2	STEP	地下水流動及び核種挙動解析指示
1.3	TITL	タイトル
1.4	CONT	コントロール
1.5	SALT	塩分濃度解析コントロール
1.6	UPPA	上流パラメータ指示
1.7	WATE	流体物性値指示
1.8	POUT	出力項目
1.9	PRIN	デバック出力
1.10	HOUT	濃度時刻歴出力指示
1.11	TIMSEEP	地下水流動解析時刻データ（データ 5 桁入力）
1.12	TIMSEEP_A	地下水流動解析時刻データ（データ 10 桁入力）
1.13	TIMSEEP_F	地下水流動解析時刻データ（フリーフォーマット入力）
1.14	TIMENUCL	濃度解析時刻データ（データ 5 桁入力）
1.15	TIMENUCL_A	濃度解析時刻データ（データ 10 桁入力）
1.16	TIMENUCL_F	濃度解析時刻データ（フリーフォーマット入力）
1.17	NODE	節点データ
1.18	GNR1	節点データ（回転自動生成）
1.19	GNR2	節点データ（回転自動生成）
1.20	NRST	節点データ（条件変更）
1.21	ISOE	アイソパラメトリック要素データ
1.22	ISOB	アイソパラメトリック境界データ
1.23	LINE	ライン水位条件データ
1.24	NSET	濃度解析条件組合せ指定
1.25	RAIN	降雨条件データ

表 III.1 入力データ一覧 (2/2)

節番号	ヘッダー	内 容
1.26	HEAD	水位条件データ
1.27	VELO	法線流速条件データ
1.28	SOUR	湧水条件データ
1.29	FLUX	濃度フラックス条件データ
1.30	FCNC	指定濃度条件データ
1.31	CPRO	濃度生成率条件データ
1.32	SCON	塩分濃度拘束時刻歴データ
1.33	SFLX	塩分濃度フラックス時刻歴データ
1.34	SPRO	塩分濃度生成率時刻歴データ
1.35	HFUN	水位条件関数データ
1.36	COND	透水係数データ
1.37	C. CO	透水関数データ
1.38	TH-H	$\theta$ -hp 曲線データ
1.39	TH-K	$\theta$ -k $\theta$ 曲線データ
1.40	VEL-	u-ku 曲線データ
1.41	MAT1	核種第1物性データ
1.42	MAT2	核種第2物性データ
1.43	NUCL	核種第3物性データ
1.44	SMAT	塩分濃度物性値
1.45	TCOE	係数時刻歴データ
1.46	TFUN	関数時刻歴データ
1.47	INIT	初期圧力水頭条件データ
1.48	CONC	濃度場解析初期条件データ
1.49	RECH	涵養量コントロールデータ
1.50	DEP1	深度計算方法1 (深度基準要素一括指定方式) データ
1.51	DEP2	深度計算方法2 (深度基準要素個別指定方式) データ
1.52	DEP3	深度計算方法3 (深度基準線指定)
1.53	DEPV	深度-係数データ
1.54	END□	エンドデータ

(2) 入力形式

データ入力形式は、固定フォーマット形式とフリーフォーマット形式があり、ヘッダーに「\_F」がついているデータでは両方の形式が使用できる。ただし、一つのデータ項目内で固定フォーマット形式とフリーフォーマット形式を混在させることはできない。

固定フォーマット形式

固定フォーマット形式による入力方法は、各データの詳細に記載の通りである。

フリーフォーマット形式

● データ記載位置

1~10 カラムまではデータを記載せず、カラム 11~500 間の任意位置にデータを記載する。

● データ区切り

コード中の入力文として「read (○,\*)」形式 (○: ユニット番号など) を使用しているため、この形式が対応するスペース・カンマの両方が使用できる。

● 注意事項

- ・ フリーフォーマット形式では、NODE および ISOB における節点・要素の自動生成は実行できない。
- ・ フリーフォーマット形式では、1 行に複数のデータを記載する場合、データ数を記載する必要がある。そのため、TIMESEEP、TIMENUCL では、固定フォーマット形式とフリーフォーマット形式で入力項目が異なる。
- ・ 固定フォーマット形式では、同じ内容が連続する場合 (例: ライン水位条件における節点番号)、1 行のデータ数が決まっている。一方フリーフォーマット形式では、記載可能な範囲内であれば、固定フォーマット形式でのデータ数以上のデータを 1 行に記載することが可能である。

また、入力データ中のカードを別ファイルとして作成しておき、INCLUDE カードで参照することが出来る。インクルードするファイルが入力データと別のディレクトリーにある場合は、フルパスで表記するか、入力データのあるディレクトリーからの相対パスで表記する。

```

****+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8↓
INCLUDE  sample_mesh.data↓
****+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8↓
    
```

図 III. 1 INCLUDE カードの記載例



(3) 入力データ詳細

1.1 コメントデータ

データ種別		コメントデータ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘****’ と記入		A4
・コメントカードであるので、5～80 カラムに何が記入されていても良い。					

1.2 STEP

データ種別		地下水流動及び核種挙動解析指示カード			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘STEP’ と記入		A4
2	KK	11-18	‘SEEPNUCL’ と記入		2A4
・このカードに引き続き地下水流動-核種挙動解析データを入れる。					

1.3 TITL

データ種別		タイトルカード			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘TITL’ と記入		A4
2	KK	11-74	タイトルを記入		16A4
・タイトル (任意の英数字[構造名称等]) を記入する。出力リストの各頁の上に出力される。					

1.4 CONT

データ種別		コントロールカード(1/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘CONT’ と記入		A4
2	ICNT(1)	11—12	リスタート指示（地下水流動解析時、下記 ICNT(4)=1～3 の時のみ有効） =1 : スタート =2 : 構造ファイルよりリスタート =3 : 構造ファイル、結果ファイルよりリスタート		I2
3	ICNT(2)	13—14	出力きざみ数		I2
4	ICNT(3)	15—16	全反復制限数		I2
5	ICNT(4)	17—18	解析種別 =1 : 定常地下水流動解析 =2 : 非定常地下水流動解析 =3 : 定常地下水流動解析+非定常地下水流動解析 =60 : 定常地下水流動解析+核種濃度解析 =61 : 地下水流動解析結果読み込み+核種濃度解析 =64 : 核種濃度解析リスタート =70 : 非定常塩分濃度解析 =71 : 定常地下水流動解析+非定常塩分濃度解析 =72 : 非定常塩分濃度解析+核種移行解析 =73 : 定常地下水流動解析+非定常塩分濃度解析+核種移行解析 =74 : 塩分濃度解析リスタート =75 : 核種移行解析リスタート		I2
6	ICNT(5)	19—20	=1 : 鉛直面、 =2 : 水平面、 =3 : 軸対称		I2
7	ICNT(6)	21—22	=1 : バンドミニマイズを行う	(1)	I2
8	ICNT(7)	23—24	1 境界条件内反復制限回数		I2
9	ICNT(8)	25—26	境界条件変更制限回数（値がゼロ以下の場合、境界条件変更を収束判定に使用せず、境界条件が変更した場合でも収束が可能になる。）		I2
10	ICNT(11)	31—32	=0 : 通常の解析 =2 : データチェック		I2
11	ICNT(12)	33—34	ガウス積分次数		I2
12	ICNT(13)	35—36	許容誤差判定指示		I2
13	ICNT(14)	37—38	≠0 : データイメージを出力しない		I2
(1) EL 法使用時は“バンドミニマイズを行わない”と指定する。					

データ種別		コントロールカード(2/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
14	ICNT(15)	39—40	≠0 : 節点データを出力しない		I2
15	ICNT(16)	41—42	≠0 : 要素データを出力しない		I2
16	ICNT(17)	43—44	=0 : 地下水流動解析		I2
17	ICNT(19), ICNT(20)	47—50	リスタート時の前回のステップ番号 (ICNT(1)=3 の時有効)		I4
18	CNT(1)	51—55	許容誤差		F5.0
19	CNT(2)	56—60	加速係数		F5.0
20	CNTDS	61—70	≠1 : 水の圧縮性を考慮		F10.0
21	NLTOPT	71—72	=0 : 非定常の時間ステップ内で非線形性を考慮しない =1 : 非定常の時間ステップ内で非線形性を考慮する		I2
22	INTOPT	78—80	≠0 : 物性値ファイルを読み込む		I3
23	ICIPOP	81—85	=4 : EL 法を使用 (EL 法は塩分濃度解析のみに適用できる。また、EL 法使用時はバンドミニマイズを使用しない)		I5
・必ず入力する。					

データ種別		コントロールカード(3/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJNAME	1—4	‘CONT’ と記入		A4
2	MF008int	11—15	計算回数が多い場合に MF008 への出力を制限する変数 (デフォルト値: 0) MF008int>0 の場合は、タイムステップ番号が MF008int で割り切れる場合のみ出力する。	(1)	I5
3	LineInit	16—20	ライン水位条件における初期境界条件設定方法 (デフォルト値: 1) =1: 全て既知流量節点 =2: 圧力水頭値判定により既知水頭節点と既知流量節点を判定	(2)	I5
4	LineMode	21—25	ライン水位条件における水面上節点の設定方法 (デフォルト値: 1) =1: 既知水頭節点と既知流量節点が共存 (計算結果により境界条件を判定) =2: 既知流量節点のみ =3: 既知水頭節点のみ	(3)	I5
5	SwBdLnHp	26—35	ライン水位条件 (ライン水位上節点) における既知流量節点→既知水頭節点切り替え基準圧力水頭値 (デフォルト値: 0.0)	(4)	F10.0
6	SwBdFcLn	36—40	ライン水位条件 (ライン水位上節点) における既知水頭節点→既知流量節点切り替え用変数、通常は 0.0~1.0 の範囲を使用 (デフォルト値: 0.0)	(5)	F5.0
7	SwBdFcRc	41—45	涵養量コントロール条件における既知水頭節点→既知流量節点切り替え用変数、通常は 0.0~1.0 の範囲を使用 (デフォルト値: 0.0)	(6)	F5.0
<p>(1) MF008int を 100 とすると計算 100 回に 1 回結果を出力する。ただし、初期値と最終結果は MF008int の値によらず必ず出力する。MF008int が 0 の場合は全て出力する。</p> <p>(2) 水面上にあるライン水位節点の初期条件を設定する方法であり、2 の場合は圧力水頭が 0 より大きい節点を既知水頭節点とする。LineInit=2 とした場合、1 回目の計算時に境界条件の切り替えが発生しない。ただし、この設定は計算結果に大きな影響は与えないと思われる。</p> <p>(3) 境界条件の切り替えが計算を不安定にするような場合において、より単純な境界条件を用いることにより、計算安定性を高めるための機能である。</p> <p>(4) 既知流量節点の圧力水頭&gt;SwBdLnHP となった場合に既知水頭節点に切り替える。この値をゼロより大きくすることにより、条件切り替え時の異常水頭発生を防げる可能性がある。異常が発生しない限り 0.0 と設定してよい。この変数は、LineMode =2 or 3 の場合は動作には無関係である。</p> <p>(5) 既知水頭節点の場合に流入量が設定流量×SwBdFcLn 以上になった場合に既知流量節点に切り替える。値を 1.0 とした場合、モデル内部が設定流量が流入できる状態になってから、既知流量節点に切り替わるため、頻繁に境界条件が切り替わる事を防止できる。値を 0.0 とした場合、節点流入量がプラスになった場合、流量に依らず既知流量節点に切り替わる。</p> <p>(6) 既知水頭節点の場合に流入量が設定流量×SwBdFcRc 以上になった場合に既知流量節点に切り替える。(4)と同様の効果がある。</p> <p>デフォルト値は以下になる。</p> <p>「CONT            0    1    1            0.0 0.0 0.0」</p>					

1.5 SALT

データ種別		塩分濃度解析コントロール			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘SALT’ と記入		A4
2	ISCONT	11—15	初期塩分濃度読み込み	(1)	I5
3	NSLOOP	16—20	塩分濃度反復制限回数	(2)	I5
4	RSLOOP	21—30	塩分濃度収束判定値	(3)	F10.0
5	RHOS	31—40	海水密度	(4)	F10.0
6	RAMDA	41—50	減衰定数	(5)	F10.0
7	NSPOUT	51—55	塩分濃度プリント出力間隔	(6)	I5
8	NSFOUT	56—60	塩分濃度ファイル出力間隔	(7)	I5
9	NCFOUT	61—65	核種移行ファイル出力間隔	(8)	I5
10	ISLCO	66—70	海水準変動時の塩分濃度拘束自動判別オプション（海水位拘束し、かつ塩分濃度拘束も行っている節点のみ有効） =0：無し =1：海水準変動に対応して塩分濃度拘束を修正する。 =2：=1の処理に加えて、地下水の流入・流出による修正も行う。	(9)	I5
11	RSLCO	71—80	海水準変動時の塩分濃度拘束変更開始位置	(10)	F10.0

・塩分濃度解析を行う時は、必ず入力する。

(1) 塩分濃度の初期値を設定する時は、入力データとは別にファイルを作成しておく。11≠0の時、このファイルから塩分濃度初期値が読み込まれる。ファイルフォーマットは、III.2 初期塩分濃度データを参照。

(2) 塩分濃度の反復計算の回数制限。  
I2>0の時、I2回を超えると計算エラーでストップ。  
I2<0の時、I2回を超えると収束していなくても次の計算時刻ステップへ進む。

(3) 塩分濃度の反復計算の誤差判定値。

(4) 海水密度、淡水密度は‘WATE’カードの入力値を使用する。

(5) 減衰程度λ。

(6) 塩分濃度プリント出力間隔。I3毎の出力となる。

(7) 塩分濃度ファイル出力間隔。I4毎の出力となる。

(8) 核種移行ファイル出力間隔。I5毎の出力となる。

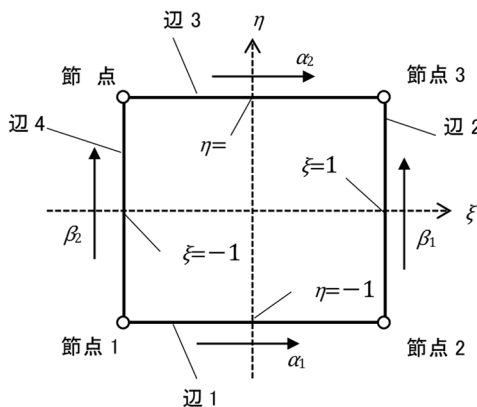
(9) 海水位拘束し、かつ塩分濃度拘束も行っている節点について、その節点が海水位より上にあれば塩分濃度拘束を外し、下にあれば塩分濃度拘束する。=2の場合は、海水位より下の節点について、地下水の流出点である場合には塩分濃度拘束を外し、海水の流入点であれば塩分濃度拘束する。

(10) 海水準変動時の塩分濃度拘束自動判別オプション使用時の、塩分濃度拘束条件変更開始位置を指定する。海水位より R4 低い位置から下の節点に対して、塩分濃度拘束自動判別を行う。

1.6 UPPA

データ種別		風上法設定データ				
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT	
1	NAME	1—4	‘UPPA’ と記入		A4	
2	CNT(13)	11—20	$\alpha 1$	上流パラメータ	(1)	F10.0
3	CNT(14)	21—30	$\beta 1$		(1)	F10.0
4	CNT(15)	31—40	$\alpha 2$		(1)	F10.0
5	CNT(16)	41—50	$\beta 2$		(1)	F10.0
6	IDELT0	51—55	風上法における設定を4桁の整数とする。	(2)	I5	
7	RICNU	56—65	克蘭クーニコルソン法パラメータ（非定常時）	(3)	F10.0	
8	ILUMP	71—75	ランプ化オプション（非定常時） 非定常計算時における容量マトリックスのランプ化指示を行う。 =0：ランプ化を行わない =1：ランプ化を行う		I5	

(1) 上流パラメータと要素の辺の位置関係。



(2) IDELT0 の値は以下の内容にあわせて4桁整数とする（従来のMIG2DFにおける風上法：0、LEWASTEと同じ方法：1111）。

IDELT0の桁	内容	値に対応する処理
1000	風上重み関数微分における上流パラメータのゼロ化の実行、非実行	0:ゼロ化する 1:ゼロ化しない
100	上流パラメータの固定、自動計算	0:固定 1:自動計算
10	移流項への部分積分・ガウスの発散定理の適用、非適用	0:適用 1:非適用
1	分散項で使用する重み関数	0:風上重み関数 1:形状関数

(3) 非定常計算時の時間ステップの中で、差分化を行う時刻を  $t_v = t + \frac{1}{2}(1 + \nu)\Delta t$  で表わした時のパネル  $\nu$  を指定する。

$(-1 \leq \nu \leq 1)$ 。

1.7 WATE

データ種別		流体物性値指示カード			
順 番	入 力 変数名	入 力 位 置	説 明	注	入 力 FORMAT
1	NAME	1—4	‘WATE’ と記入		A4
2	CNT(18)	11—20	重力加速度		F10.0
3	CNT(19)	21—30	基準状態での水の密度 $\rho_0$		F10.0
4	CNT(8)	31—40	水の比熱 Cf		F10.0
5	CNT(20)	41—50	水の圧縮係数	(1)	F10.0
6	IVIS	51—55	粘性関数オプション =0 : $\mu = \mu_0 = \text{const}$ =n : 粘性関数 $\mu / \mu_0$ をユーザーーチンにより指定する (番号 n を指定) 無指定の場合は、 $\mu / \mu_0 = 1$ として取り扱う。		I5
(1) 水の圧縮係数を指定する。 $\beta = \frac{1}{\rho_f} \frac{\partial \rho_f}{\partial p}$					

1.8 POUT

データ種別		出力項目カード			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘POUT’ と記入		A4
2	NPOUT	11—15	出力項目数		I5
3	IPOUT(1)	16—20	出力項目	(1)	I5
4	IPOUT(2)	21—25	出力項目	(1)	I5
5	IPOUT(3)	26—30	出力項目	(1)	I5
6	IPOUT(4)	31—35	出力項目	(1)	I5
7	IPOUT(5)	36—40	出力項目	(1)	I5
8	IPOUT(6)	41—45	出力項目	(1)	I5
9	IPOUT(7)	46—50	出力項目	(1)	I5
10	IPOUT(8)	51—55	出力項目	(1)	I5
11	IPOUT(9)	56—60	出力項目	(1)	I5
12	IPOUT(10)	61—65	出力項目	(1)	I5
<p>(1) 出力項目指定は、以下のように行う。</p> <p>(i) 地下水流動解析</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>=1 : 圧力水頭</li> <li>=2 : 全水頭</li> <li>=3 : 含水率</li> <li>=4 : 飽和度</li> <li>=6 : 要素平均流速</li> <li>=7 : 要素実流速</li> <li>=8 : 節点流速</li> <li>=9 : 境界流出量 (水流)</li> <li>=10 : 塩分濃度</li> <li>=11 : 流体密度</li> </ul> <p>・このカードを指定しない場合は、全項目出力となる。</p> <p>(ii) 核種濃度解析</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>=100+n : 第 n 種核種濃度 (n=1,・・・,5)</li> </ul> <p>*地下水流動解析結果出力指示と濃度解析結果出力支持の混在も可能である。</p>					



1.9 PRIN

データ種別		デバック出力データ																																	
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT																														
1	NAME	1-4	‘PRIN’ と記入		A4																														
2	IPRIN(I), I=11,62	11-62	デバックプリント出力指示フラグ	(1)	5211																														
<p>(1) 通常は、このカードはなくて良い。途中結果を出力したい時に記入する。                  下記のルーチンを出力したい時にはそのカラムのみに 1 を記入する。( ( ) 内はサブルーチン名)</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tbody> <tr> <td>11 カラム : データ自動作成</td> <td>(DTGNR)</td> </tr> <tr> <td>12 カラム : 入力データ読み込み</td> <td>(DTREAD)</td> </tr> <tr> <td>13 カラム : 入力データのテーブル</td> <td>(DTREAD)</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>21 カラム : 定常時、境界条件、{q} 作成</td> <td>(BUDMAK)</td> </tr> <tr> <td>22 カラム : 定常時、{Q} 作成</td> <td>(SORCMK)</td> </tr> <tr> <td>23 カラム : 定常時、{K} {B} 作成</td> <td>(KBMAK)</td> </tr> <tr> <td>24 カラム : 定常時、連立方程式の係数</td> <td>(CFMAK)</td> </tr> <tr> <td>25 カラム : 定常時、連立方程式の解</td> <td>(STEADY)</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>41 カラム : 非定常時、境界条件、{q} 作成</td> <td>(BDMK2)</td> </tr> <tr> <td>42 カラム : 非定常時、{K} {B} 作成</td> <td>(KBCMK2)</td> </tr> <tr> <td>43 カラム : 非定常時、{Q} 作成</td> <td>(SCMK2)</td> </tr> <tr> <td>44 カラム : 非定常時、連立方程式の係数</td> <td>(CFMK2)</td> </tr> <tr> <td>45 カラム : 非定常時、連立方程式の解</td> <td>(TRANST)</td> </tr> </tbody> </table>						11 カラム : データ自動作成	(DTGNR)	12 カラム : 入力データ読み込み	(DTREAD)	13 カラム : 入力データのテーブル	(DTREAD)			21 カラム : 定常時、境界条件、{q} 作成	(BUDMAK)	22 カラム : 定常時、{Q} 作成	(SORCMK)	23 カラム : 定常時、{K} {B} 作成	(KBMAK)	24 カラム : 定常時、連立方程式の係数	(CFMAK)	25 カラム : 定常時、連立方程式の解	(STEADY)			41 カラム : 非定常時、境界条件、{q} 作成	(BDMK2)	42 カラム : 非定常時、{K} {B} 作成	(KBCMK2)	43 カラム : 非定常時、{Q} 作成	(SCMK2)	44 カラム : 非定常時、連立方程式の係数	(CFMK2)	45 カラム : 非定常時、連立方程式の解	(TRANST)
11 カラム : データ自動作成	(DTGNR)																																		
12 カラム : 入力データ読み込み	(DTREAD)																																		
13 カラム : 入力データのテーブル	(DTREAD)																																		
21 カラム : 定常時、境界条件、{q} 作成	(BUDMAK)																																		
22 カラム : 定常時、{Q} 作成	(SORCMK)																																		
23 カラム : 定常時、{K} {B} 作成	(KBMAK)																																		
24 カラム : 定常時、連立方程式の係数	(CFMAK)																																		
25 カラム : 定常時、連立方程式の解	(STEADY)																																		
41 カラム : 非定常時、境界条件、{q} 作成	(BDMK2)																																		
42 カラム : 非定常時、{K} {B} 作成	(KBCMK2)																																		
43 カラム : 非定常時、{Q} 作成	(SCMK2)																																		
44 カラム : 非定常時、連立方程式の係数	(CFMK2)																																		
45 カラム : 非定常時、連立方程式の解	(TRANST)																																		

1.10 HOUT

データ種別		濃度時刻歴出力指示カード			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘HOUT’ と記入		A4
2	NCL	9—10	核種番号	(1)	I2
3	N	11—15	出力節点数 (HOUT カード1枚ごとの)		I5
4	IH(1)	16—20	出力節点番号		I5
5	IH(2)	21—25	出力節点番号		I5
6	IH(3)	26—30	出力節点番号		I5
7	IH(4)	31—35	出力節点番号		I5
8	IH(5)	36—40	出力節点番号		I5
9	IH(6)	41—45	出力節点番号		I5
10	IH(7)	46—50	出力節点番号		I5
11	IH(8)	51—55	出力節点番号		I5
12	IH(9)	56—60	出力節点番号		I5
13	IH(10)	61—65	出力節点番号		I5
<p>(1) 時刻歴出力を希望する核種番号、節点名を記入する。なお、1枚のカードに指定できるのは10節点(N≦10)までであり、節点数が11以上(N≧11)の場合は、複数のカードで指定する。</p> <p>また、全出力節点数 <math>\left( = \sum_{\text{核種}} \sum_{\text{節点}} \right) \leq 100</math> でなければならない。</p>					

1.11 TIMESEEP

データ種別		地下水流動解析時刻データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME, NAMEX	1—8	‘TIMESEEP’ と記入		2A4
2	RST(1)	11—15	出力したい時刻 t1	(1)	F5.0
3	RST(3)	16—20	出力したい時刻 t2	(1)	F5.0
4	RST(5)	21—25	出力したい時刻 t3	(1)	F5.0
5	RST(7)	26—30	出力したい時刻 t4	(1)	F5.0
6	RST(9)	31—35	出力したい時刻 t5	(1)	F5.0
7	RST(11)	36—40	出力したい時刻 t6	(1)	F5.0
8	RST(13)	41—45	出力したい時刻 t7	(1)	F5.0
9	RST(15)	46—50	出力したい時刻 t8	(1)	F5.0
10	RST(17)	51—55	出力したい時刻 t9	(1)	F5.0
11	RST(19)	56—60	出力したい時刻 t10	(1)	F5.0
12	RST(21)	61—65	出力したい時刻 t11	(1)	F5.0
13	RST(23)	66—70	出力したい時刻 t12	(1)	F5.0

(1) データ数が 12 個を超える場合は、以下のように入力する。

出力したい時刻を 1 枚目の 11 カラムより 5 カラム毎に記入する。(単位 : T)

その時刻間を何ステップで計算を進めるか、その分割数を 2 枚目の 11 カラムより 5 カラム毎に記入する。

```

1 枚目 TIMESEEP   0.0   1.0   . . . . . 100.0 150.0
2 枚目 TIMESEEP   2.    3.   . . . . .    5.
3 枚目 TIMESEEP 150.0 200.0 300.0
4 枚目 TIMESEEP   5.    7.
    
```

12 個目の解析時間のデータ

このデータは 1 枚目の 12 個目の解析時間データと同じでなければならない。

5 枚目、6 枚目も同様に定義できる。

データ種別		地下水流動解析時刻データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME, NAMEX	1—8	‘TIMESEEP’ と記入		2A4
2	RST(2)	11—15	t1 から t2 まで何ステップで実行するか		F5.0
3	RST(4)	16—20	t2 から t3 まで何ステップで実行するか		F5.0
4	RST(6)	21—25	t3 から t4 まで何ステップで実行するか		F5.0
5	RST(8)	26—30	t4 から t5 まで何ステップで実行するか		F5.0
6	RST(10)	31—35	t5 から t6 まで何ステップで実行するか		F5.0
7	RST(12)	36—40	t6 から t7 まで何ステップで実行するか		F5.0
8	RST(14)	41—45	t7 から t8 まで何ステップで実行するか		F5.0
9	RST(16)	46—50	t8 から t9 まで何ステップで実行するか		F5.0
10	RST(18)	51—55	t9 から t10 まで何ステップで実行するか		F5.0
11	RST(20)	56—60	t10 から t11 まで何ステップで実行するか		F5.0
12	RST(22)	61—65	t11 から t12 まで何ステップで実行するか		F5.0

1.12 TIMESEEP\_A

データ種別		浸透流解析時刻データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1—10	‘TIMESEEP_A’ と記入		2A4,A2
2	T1	11—20	出力したい時刻 t1	(1)	F10.0
3	T2	21—30	出力したい時刻 t2	(1)	F10.0
4	T3	31—40	出力したい時刻 t3	(1)	F10.0
5	T4	41—50	出力したい時刻 t4	(1)	F10.0
6	T5	51—60	出力したい時刻 t5	(1)	F10.0
7	T6	61—70	出力したい時刻 t6	(1)	F10.0

(1) データ数が6個を超える場合は、以下のように入力する。

出力したい時刻を1枚目の11カラムより10カラム毎に記入する。(単位:T)

その時刻間を何ステップで計算を進めるか、その分割数を2枚目の11カラムより10カラム毎に記入する。

1枚目 TIMESEEP 0.0 1.0 ..... 100.0 150.0  
 2枚目 TIMESEEP 2. 3. .... 5.  
 3枚目 TIMESEEP 150.0 200.0 300.0  
 4枚目 TIMESEEP 5. 7.

6枚目の解析時間のデータ

このデータは1枚目の6枚目の解析時間データと同じでなければならない。

5枚目、6枚目も同様に定義できる。

データ種別		浸透流解析時刻データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1—10	‘TIMESEEP_A’ と記入		2A4,A2
2	R1	11—20	t1 から t2 まで何ステップで実行するか		F10.0
3	R2	21—30	t2 から t3 まで何ステップで実行するか		F10.0
4	R3	31—40	t3 から t4 まで何ステップで実行するか		F10.0
5	R4	41—50	t4 から t5 まで何ステップで実行するか		F10.0
6	R5	51—60	t5 から t6 まで何ステップで実行するか		F10.0
7	R6	61—70	t6 から t7 まで何ステップで実行するか		F10.0

1.13 TIMESEEP\_F

データ種別		地下水流動解析時刻データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME, NAMEX, NAMEZ	1—10	‘TIMESEEP_F’ と記入		2A4,A2
2	NT	フリー	出力したい時刻数	(1)	フリー
3	RST(1)	フリー	出力したい時刻 t(1)	(2)	フリー
	～		～		
	RST (NT)	フリー	出力したい時刻 t(NT)	(2)	フリー
(1) 時刻数データは、‘TIMESEEP’ の場合は入力しない。 (2) 出力時刻は、1 行に NT 個の値を全て記載する。					

データ種別		地下水流動解析時刻データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME, NAMEX, NAMEZ	1—10	‘TIMESEEP_F’ と記入		2A4,A2
2	RST(1)	フリー	t(1)から t(2)まで何ステップで実行するか	(1)	フリー
	～		～		
	RST(NT)	フリー	t(NT-1)から t(NT)まで何ステップで実行するか		フリー
(1) ステップ数データは、1 行に(NT-1)個の値を全て記載する。					

1.14 TIMENUCL

データ種別		濃度解析時刻データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME, NAMEX	1—8	‘TIMENUCL’ と記入		2A4
2	RST(1)	11—15	出力したい時刻 t1	(1)	F5.0
3	RST(3)	16—20	出力したい時刻 t2	(1)	F5.0
4	RST(5)	21—25	出力したい時刻 t3	(1)	F5.0
5	RST(7)	26—30	出力したい時刻 t4	(1)	F5.0
6	RST(9)	31—35	出力したい時刻 t5	(1)	F5.0
7	RST(11)	36—40	出力したい時刻 t6	(1)	F5.0
8	RST(13)	41—45	出力したい時刻 t7	(1)	F5.0
9	RST(15)	46—50	出力したい時刻 t8	(1)	F5.0
10	RST(17)	51—55	出力したい時刻 t9	(1)	F5.0
11	RST(19)	56—60	出力したい時刻 t10	(1)	F5.0
12	RST(21)	61—65	出力したい時刻 t11	(1)	F5.0
13	RST(23)	66—70	出力したい時刻 t12	(1)	F5.0

(1) 濃度非定常解析時に指定する。入力形式は、‘TIMESEEP’ カードと同一である。

データ数が 12 個を超える場合は、以下のように入力する。また、濃度解析結果ファイルを用いたリスタートランの場合は、T1 を前計算の最終 step 時刻と同じにしなければならない。

濃度解析時は、地下水流動解析により得られた流速を用いて解析を行うため、‘TIMESEEP’ 及び ‘TIMENUCL’ の両者が定義されていることが必要である。

```

1 枚目 TIMENUCL   0.0  1.0  . . . . . 100.0 150.0
2 枚目 TIMENUCL   2.   3.  . . . . .   5.
3 枚目 TIMENUCL  150.0 200.0 300.0
4 枚目 TIMENUCL   5.   7.           12 個目の解析時間のデータ
    
```

このデータは 1 枚目の 12 個目の解析時間データと同じでなければならない。

5 枚目、6 枚目も同様に定義できる。

データ種別		濃度解析時刻データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME, NAMEX	1—8	‘TIMENUCL’ と記入		2A4
2	RST(2)	11—15	t1 から t2 まで何ステップで実行するか		F5.0
3	RST(4)	16—20	t2 から t3 まで何ステップで実行するか		F5.0
4	RST(6)	21—25	t3 から t4 まで何ステップで実行するか		F5.0
5	RST(8)	26—30	t4 から t5 まで何ステップで実行するか		F5.0
6	RST(10)	31—35	t5 から t6 まで何ステップで実行するか		F5.0
7	RST(12)	36—40	t6 から t7 まで何ステップで実行するか		F5.0
8	RST(14)	41—45	t7 から t8 まで何ステップで実行するか		F5.0
9	RST(16)	46—50	t8 から t9 まで何ステップで実行するか		F5.0
10	RST(18)	51—55	t9 から t10 まで何ステップで実行するか		F5.0
11	RST(20)	56—60	t10 から t11 まで何ステップで実行するか		F5.0
12	RST(22)	61—65	t11 から t12 まで何ステップで実行するか		F5.0



1.15 TIMENUCL\_A

データ種別		濃度解析時刻データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1—10	‘TIMENUCL_A’ と記入		2A4,A2
2	T1	11—20	出力したい時刻 t1	(1)	F10.0
3	T2	21—30	出力したい時刻 t2	(1)	F10.0
4	T3	31—40	出力したい時刻 t3	(1)	F10.0
5	T4	41—50	出力したい時刻 t4	(1)	F10.0
6	T5	51—60	出力したい時刻 t5	(1)	F10.0
7	T6	61—70	出力したい時刻 t6	(1)	F10.0

(1) 濃度非定常解析時に指定する。入力形式は、‘TIMESEEP’ カードと同一である。

データ数が 6 個を超える場合は、以下のように入力する。また、濃度解析結果ファイルを用いたリスタートランの場合は、T1 を前計算の最終 step 時刻と同じにしなければならない。

濃度解析時は、浸透流解析により得られた流速を用いて解析を行うため、‘TIMESEEP’ 及び ‘TIMENUCL’ の両者が定義されていることが必要である。

```

1 枚目 TIMENUCL    0.0  1.0  . . . . . 100.0 150.0
2 枚目 TIMENUCL    2.   3.  . . . . .   5.
3 枚目 TIMENUCL   150.0 200.0 300.0
4 枚目 TIMENUCL    5.   7.
    
```

6 個目の解析時間のデータ

このデータは 1 枚目の 6 個目の解析時間データと同じでなければならない。

5 枚目、6 枚目も同様に定義できる。

データ種別		濃度解析時刻データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1—10	‘TIMENUCL_A’ と記入		2A4,A2
2	R1	11—20	t1 から t2 まで何ステップで実行するか		F10.0
3	R2	21—30	t2 から t3 まで何ステップで実行するか		F10.0
4	R3	31—40	t3 から t4 まで何ステップで実行するか		F10.0
5	R4	41—50	t4 から t5 まで何ステップで実行するか		F10.0
6	R5	51—60	t5 から t6 まで何ステップで実行するか		F10.0
7	R6	61—70	t6 から t7 まで何ステップで実行するか		F10.0

1.16 TIMENUCL\_F

データ種別		濃度解析時刻データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME, NAMEX, NAMEZ	1-10	‘TIMENUCL_F’ と記入		2A4,A2
2	NT	フリー	出力したい時刻数	(1)	フリー
3	RST(1)	フリー	出力したい時刻 t(1)	(2)	フリー
	~		~		
	RST (NT)	フリー	出力したい時刻 t(NT)	(2)	フリー
(1) 時刻数データは、‘TIMENUCL’ の場合は入力しない。 (2) 出力時刻は、1 行に NT 個の値を全て記載する。					

データ種別		濃度解析時刻データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME, NAMEX, NAMEZ	1-10	‘TIMENUCL_F’ と記入		2A4,A2
2	RST(1)	フリー	t(1)から t(2)まで何ステップで実行するか	(1)	フリー
	~		~		
7	RST(NT)	フリー	t(NT-1)から t(NT)まで何ステップで実行するか		フリー
(1) ステップ数データは、1 行に(NT-1)個の値を全て記載する。					

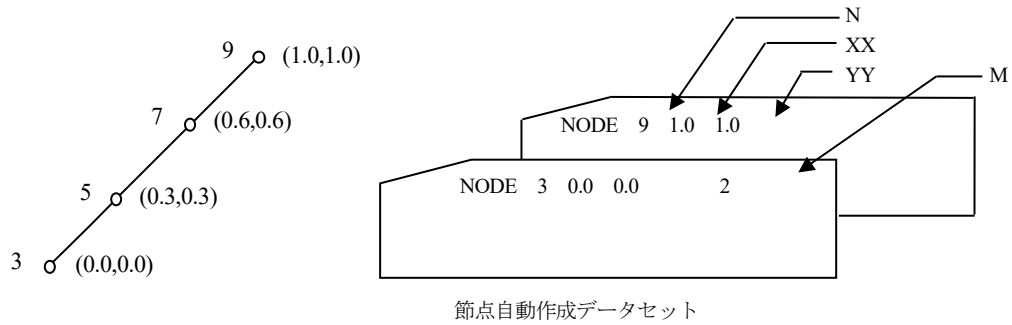
1.17 NODE (NODE\_F)

データ種別		節点データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘NODE’ と記入		A4
<p>・節点データ群の最初に必ず 1 枚入力する。</p> <p>・節点データでは、過剰な節点、不足している節点があってはならない。</p>					

データ種別		節点データ (一般形式)											
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT								
1	NAME	1-4	‘NODE’ または ‘NODE_F’ と記入。‘NODE_F’ と記入した場合はフリーフォーマット入力 (データはカラム 11~500 の間に記載)		A4								
2	NN	11-15	節点番号	(1)	I5								
3	X	21-30	X-座標 (単位:L)		F10.0								
4	Y	31-40	Y-座標 (単位:L)		F10.0								
5	L1	41-45	地下水流動解析湧水条件番号	(2)	I5								
6	L2	46-50	地下水流動解析拘束条件番号	(3)	I5								
7	L3	51-55	濃度生成率条件番号	(4)	I5								
8	L4	56-60	濃度拘束条件番号	(5)	I5								
9	MM	66-70	節点自動作成フラグ (番号増分) (ゼロ、またはブランクの場合、およびフリーフォーマット入力の場合は自動作成は行わない)	(6)	I5								
10	L8	71-75	塩分濃度生成率時刻歴番号		I5								
11	L9	76-80	塩分濃度拘束時刻歴番号		I5								
<p>(1) 節点番号は、任意に指定できる (同一番号不可)。</p> <p>(2)(3) 地下水流動湧水・拘束条件番号は、時刻歴条件番号に対応する。                      流速場拘束条件番号は、水位条件データを指定する時は正の値で水位条件データ番号を指定、水位拘束ユーザールーチン HFUNC により指定する時は負の値により水位条件関数データ番号を指定する。データ番号により拘束種類が指定される。</p> <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>データ番号</td> <td>拘束種類</td> </tr> <tr> <td>1~1999</td> <td>圧力水頭拘束</td> </tr> <tr> <td>2000~2999</td> <td>水位拘束</td> </tr> <tr> <td>3000~</td> <td>海水位拘束</td> </tr> </table> <p>(4)(5) 濃度生成率・拘束条件番号は、条件組合せ番号(c.f.NSET)に対応する。</p>						データ番号	拘束種類	1~1999	圧力水頭拘束	2000~2999	水位拘束	3000~	海水位拘束
データ番号	拘束種類												
1~1999	圧力水頭拘束												
2000~2999	水位拘束												
3000~	海水位拘束												

節点の自動作成は、以下のように行う。

$M \geq 1$  の場合、この節点データで定義される節点データと、次の節点データで定義される節点データを線形補間し、データの自動作成を行う。なお、条件番号は、 $M \geq 1$  とのカードと同一となる。



(1)~(4)は、定常、非定常解析に対して共通に使用される。従って、これらの条件の時刻歴テーブル（あるいは、user-routine）が定義されていなければならない。この時、定常解析では  $t=0$  における値が用いられる。

(3)(5)は、拘束 flag の意味も有しており、

=0 : 非拘束

≠0 : 拘束

となる（ただし、濃度拘束条件は、NSET 番号で指定された条件に基づく。従って、核種が異なれば拘束条件も異なってよい）。

1.18 GNR1

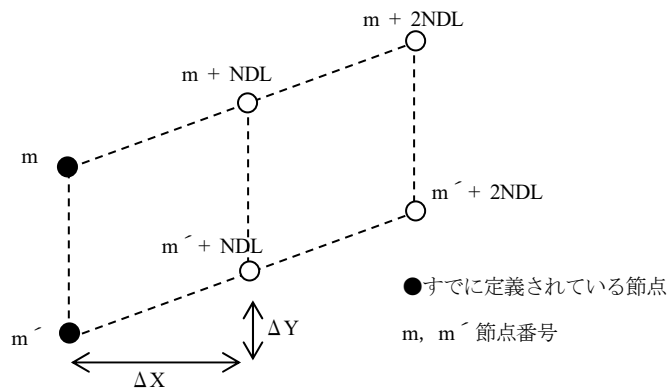
データ種別		節点データ (回転自動生成)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘GNR1’ と記入		A4
2	NN	11-15	基準となるデータ個数 n		I5
3	X	21-30	回転の中心点 X 座標		F10.0
4	Y	31-40	回転の中心点 Y 座標		F10.0
5	NSET	41-45	繰返し数		I5
6	NODEL	46-50	節点番号の増分間隔		I5
7	CETA	51-55	回転角 (単位 : DEG)		F5.0

・すでに定義されている節点データの最後から n 点の節点データを座標 (XX,YY) を中心として、CTA/NST 度回転して新しい節点を定義する。これを NST 回繰返す。節点番号は、回転する以前の節点番号+NDL となる。

1.19 GNR2

データ種別		節点データ (平行自動生成)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘GNR2’ と記入		A4
2	NN	11-15	基準となるデータ個数 n		I5
3	X	21-30	X 座標増分 ( $\Delta X$ )		F10.0
4	Y	31-40	Y 座標増分 ( $\Delta Y$ )		F10.0
5	NSET	41-45	繰返し数		I5
6	NODEL	46-50	節点番号の増分間隔		I5

・すでに定義されている節点データの最後から n 点の節点データを座標を  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  だけずらして、新しい節点を定義する。これを NST 回繰返す。節点番号は、ずらす以前の節点番号+NDL となる。



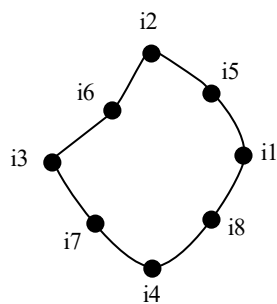
1.20 NRST

データ種別		節点データ (条件変更カード)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1—4	‘NRST’ と記入		A4
2	N	11—15	節点番号 (n)		I5
3	L1	41—45	地下水流動解析湧水条件番号 (再定義値)		I5
4	L2	46—50	地下水流動解析拘束条件番号 (再定義値)		I5
5	K1	51—55	濃度生成率条件番号 (再定義値)		I5
6	K2	56—60	濃度拘束条件番号 (再定義値)		I5
7	M	66—70	自動変更フラグ (m)		I5
8	I1	71—75	塩分濃度生成率時刻歴番号		I5
9	I2	76—80	塩分濃度拘束時刻歴番号		I5
<ul style="list-style-type: none"> <li>・すでに定義してある節点の湧水、濃度生成率、拘束番号を変更する場合に用いる。</li> <li>・自動変更フラグ <math>m &gt; 0</math> の場合、<math>n</math> より <math>n+m</math> 番までの節点の条件を変更する。</li> </ul>					

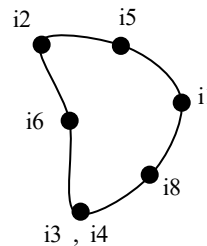
1.21 ISOE (ISOE\_F)

データ種別		アイソパラメトリック要素データヘッダー (アイソパラメトリック要素)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘ISOE’ と記入		A4
・アイソパラメトリック要素データの最初に入れる。					

データ種別		アイソパラメトリック要素(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘ISOE’ または ‘ISOE_F’ と記入。ISOE_Fと記入した場合はフリーフォーマット入力 (データはカラム 11~500 の間に記載)。		A4
2	IN	11-15	要素 No.		I5
3	J1	16-20	要素構成節点番号 (i1)		I5
4	J2	21-25	要素構成節点番号 (i2)		I5
5	J3	26-30	要素構成節点番号 (i3)		I5
6	J4	31-35	要素構成節点番号 (i4)		I5
7	J5	36-40	要素構成節点番号 (i5)		I5
8	J6	41-45	要素構成節点番号 (i6)		I5
9	J7	46-50	要素構成節点番号 (i7)		I5
10	J8	51-55	要素構成節点番号 (i8)		I5
11	K13	63-64	透水係数 No.		I2
12	K14	65-66	透水関数 No. (負の場合は関数時刻歴データ TFUN 番号)	(1)	I2



要素構成節点 No.のつけ方 (4 角形要素)



要素構成節点 No.のつけ方 (3 角形要素)

・節点数は 4~8 まで可変であるが、三角形の場合は、必ず  $i3 = i4$  の形で縮退させる。

中間節点がない時は、0 を入力する。塩分濃度解析、核種濃度解析時は、中間節点は使用不可。

(1) 透水関数番号は、正の時は透水関数番号、負の時は関数時刻歴データ番号の指定となる。関数時刻歴データを用いると、透水関数を時刻歴で指定できる。

データ種別		アイソパラメトリック要素(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘ISOE’ または ‘ISOE_F’ と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	RELEM(1)	11-20	間隙率	(3)	F10.0
3	IELEM(12)	21-25	湧水率時刻歴番号		I5
4	IELEM(13)	26-30	核種濃度生成率番号	(1)	I5
5	IELEM(14)	31-35	核種第 1 物性番号	(2)	I5
6	IELEM(15)	36-40	核種第 2 物性番号	(1)	I5
7	IELEM(16)	41-45	塩分濃度物性番号		I5
8	IELEM(17)	46-50	塩分濃度生成率時刻歴番号		I5

(1) L2、L4 は NSET 番号を指定する。  
 (2) 塩分濃度解析時の分散テンソル D の係数 DL、DT、Dd、 $\tau$  (式(13)参照) は、核種第 1 物性のデータが使用される。  
 (3) 間隙率を時刻歴で指定するときは、透水係数データで係数時刻歴を指定する。

・縮退した三角形の第 3or4 節点の節点流速は、以下の値をその節点流速とする。

$$u = \frac{1}{2} \sum_i^2 -K \nabla h(\xi_i, \eta)$$

$$\eta = -1.0$$

$$\xi_1 = -0.99, \quad \xi_2 = 0.99$$

・アイソパラメトリック要素の要素流速は、重心点( $\xi, \eta$ )=(0,0)の値を流速とする。また透水係数は、節点の圧力水頭と流速の関係であるが、この流速は重心点の流速を用いる。

・要素自動作成を行う場合、K12 は以下の値を指定。

四角形要素 K12 = 0 又はブランク  
 三角形要素 K12 = 5



1.22 ISOB (ISOB\_F)

データ種別		アイソパラメトリック境界ヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘ISOB’ と記入		A4
・アイソパラメトリック境界データの最初に入力する。					

データ種別		アイソパラメトリック境界データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘ISOB’ または ‘ISOB_F’ と記入。ISOE_F と記入した場合はフリーフォーマット入力（データはカラム 11~500 の間に記載）。		A4
2	L1	11-15	境界構成節点番号 i		I5
3	L2	16-20	境界構成節点番号 j		I5
4	L3	21-25	境界構成節点番号 k		I5
5	IRI	31-35	降雨率条件 No.	(1)	I5
6	IVE	36-40	法線流速率条件 No.	(1)	I5
7	IFLX	41-45	濃度 flux 条件 No.	(2)	I5
8	ISFL	46-50	塩分濃度 flux 時刻歴番号		I5
9	IKD	76-80	自動生成時の節点番号増分 フリーフォーマット入力の場合は不要（自動生成は行わない）	(3)	I5
(1) 時刻歴テーブル番号に対応する。 (2) 条件番号組合せ番号 (c.f.NSET) に対応する。 (3) 自動生成時は、次項の作成生成終了境界を指定する。 $Ki(j) = KiS + j * M \quad (j \text{ は、} Ki(j) \leq KiE \text{ の範囲})$ $i = 1,2,3$ $KiS : \text{自動生成開始節点, } KiE : \text{自動生成終了節点}$ (4) ISOB_F の場合は、自動生成は実行できない。					

データ種別		アイソパラメトリック境界データ(2/2)（自動生成時のみ必要）			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘ISOB’ と記入		A4
2	L2	11-15	境界構成節点番号 i		I5
3	M2	16-20	境界構成節点番号 j		I5
4	N2	21-25	境界構成節点番号 k		I5
・境界自動生成の場合における最後の境界を指定する。					

1.23 LINE (LINE\_F)

データ種別		ライン水位条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘LINE’ と記入		A4
・鉛直面の構造の時、浸出面境界条件を与えたい時に用いる。 水平面の場合には、節点データで圧力水頭を与える。					

データ種別		ライン水位条件データ(1/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘LINE’ または ‘LINE_F’ と記入。LINE_Fと記入した場合はフリーフォーマット入力（データはカラム 11~500 の間に記載）。		A4
2	LN	11 -15	ライン番号	(1)	I5
3	JN	21 -25	節点数(n)	(2)	I5
4	IHE	26 -30	水位条件番号	(3)	I5
5	RSLENG	41 -50	塩分濃度拘束条件修正距離	(4)	F10.0
6	RFLENG	51 -60	塩分濃度フラックス条件修正距離	(5)	F10.0
(1) 0~99999 の中の任意番号 (2) ライン水位線上の節点数 (3) 非定常解析時の水位条件番号 ライン水位条件番号は、水位条件データを指定する時は正の値でライン水位条件データ番号を指定、水位拘束ユーザールーチン HFUNC により指定する時は負の値によりライン水位条件関数データ番号を指定する。データ番号により拘束種類が指定される。 データ番号            拘束種類 1~2999        水位拘束 3000~        海水位拘束  (4) 塩分濃度拘束条件修正距離 水位点上および水位点より上にある節点の塩分濃度拘束を外し、初期濃度 0.0 とする。水位点での塩分濃度拘束を 0.0 とし、水位点より下で距離 R2 以内にある節点の塩分濃度拘束を水位点からの距離に比例して修正する。R3>0.0 のときは、水位点から下に距離 R3 だけずらして処理を行う。R2>0.0 の時のみ有効。 (5) 塩分濃度フラックス条件修正距離 水位点より下で距離 R3 以内にある節点の塩分濃度フラックスを 0.0 とする。R3>0.0 の時のみ有効。  (*) 定常時には、時刻ゼロの時の拘束値が使用される。					

データ種別		ライン水位条件データ(2/3)																										
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT																							
1	NAME	1-4	‘LINE’ または ‘LINE_F’ と記入 (データ 1/3 と一致させる)。		A4																							
2	iUW_CB	11-15	ライン水面下節点の塩分濃度解析・EL 法における移流分散境界条件番号	(1)	I5																							
3	dUW_CIn	16-25	ライン水面下節点の塩分濃度解析・EL 法における設定流入濃度		F10.0																							
4	dUW_COut	26-35	ライン水面下節点の塩分濃度解析・EL 法における設定流出濃度		F10.0																							
5	iOW_CB	36-40	ライン水面上節点の塩分濃度解析・EL 法における移流分散境界条件番号	(1)	I5																							
6	dOW_CIn	41-50	ライン水面上節点の塩分濃度解析・EL 法における設定流入濃度		F10.0																							
7	dOW_COut	51-60	ライン水面上節点の塩分濃度解析・EL 法における設定流出濃度		F10.0																							
<p>ライン水位節点のうち、ライン水位以下の節点がライン水位下節点、ライン水位より上の節点がライン水位上節点。</p> <p>(1) 移流分散境界条件番号と内容</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th>境界条件番号</th> <th>地下水流向</th> <th>節点の境界条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">-4</td> <td>流出</td> <td>【既知濃度】 濃度=設定流出濃度</td> </tr> <tr> <td>流入</td> <td>【既知分散フラックス】 分散フラックス=0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">-5</td> <td>流出</td> <td>【既知分散フラックス】 分散フラックス=0</td> </tr> <tr> <td>流入</td> <td>【既知濃度】 濃度=設定流入濃度</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">-6</td> <td>流出</td> <td>【既知濃度】 濃度=設定流出濃度</td> </tr> <tr> <td>流入</td> <td>【既知濃度】 濃度= 設定流入濃度</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">-8</td> <td>流入</td> <td>【既知濃度】 移流濃度=設定流入濃度</td> </tr> <tr> <td>流出</td> <td>境界条件を明示的に与えない移流分散解析</td> </tr> </tbody> </table>						境界条件番号	地下水流向	節点の境界条件	-4	流出	【既知濃度】 濃度=設定流出濃度	流入	【既知分散フラックス】 分散フラックス=0	-5	流出	【既知分散フラックス】 分散フラックス=0	流入	【既知濃度】 濃度=設定流入濃度	-6	流出	【既知濃度】 濃度=設定流出濃度	流入	【既知濃度】 濃度= 設定流入濃度	-8	流入	【既知濃度】 移流濃度=設定流入濃度	流出	境界条件を明示的に与えない移流分散解析
境界条件番号	地下水流向	節点の境界条件																										
-4	流出	【既知濃度】 濃度=設定流出濃度																										
	流入	【既知分散フラックス】 分散フラックス=0																										
-5	流出	【既知分散フラックス】 分散フラックス=0																										
	流入	【既知濃度】 濃度=設定流入濃度																										
-6	流出	【既知濃度】 濃度=設定流出濃度																										
	流入	【既知濃度】 濃度= 設定流入濃度																										
-8	流入	【既知濃度】 移流濃度=設定流入濃度																										
	流出	境界条件を明示的に与えない移流分散解析																										

データ種別		ライン水位条件データ(3/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘LINE’ または ‘LINE_F’ と記入 (データ 1/3 と一致させる)。		A4
2	LNJT(1)	21-25	構成節点番号		I5
3	LNJT(2)	26-30	構成節点番号		I5
4	LNJT(3)	31-35	構成節点番号		I5
5	LNJT(4)	36-40	構成節点番号		I5
6	LNJT(5)	41-45	構成節点番号		I5
7	LNJT(6)	46-50	構成節点番号		I5
8	LNJT(7)	51-55	構成節点番号		I5
9	LNJT(8)	56-60	構成節点番号		I5
10	LNJT(9)	61-65	構成節点番号		I5
11	LNJT(10)	66-70	構成節点番号		I5

・通常フォーマット (LINE) 場合  
 節点が 10 点以上ある場合は、節点数になるまで、同じフォーマットで入力を繰り返す。

・フリーフォーマット (LINE\_F) の場合  
 節点数にかかわらず、全節点を 1 行で入力する。

\*入力データ見本 (LINE)  
 ラインは 2 本 (1 本目は節点番号 1~21、ライン水位下節点 境界条件-5、設定流入濃度 1.0、  
 ライン水位上節点 境界条件-8、設定流入濃度 3.0)

```

LINE↓
LINE 1 21 3000 0.0 0.0↓
LINE -5 1.0 0.0 -8 3.0 0.0↓
LINE 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10↓
LINE 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20↓
LINE 21↓
LINE 2 20 3001 0.0 0.0↓
LINE -5 2.0 0.0 -8 3.0 0.0↓
LINE 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31↓
LINE 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41↓
    
```

\*入力データ見本 (LINE\_F) 上記と同じ内容  
 フリーフォーマットではカラム 11 以後にフリーに記載。ただし、節点番号は 1 行で記載。

```

LINE↓
LINE_F 1 21 3000 0.0 0.0↓
LINE_F -5 1.0 0.0 -8 3.0 0.0↓
LINE_F 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21↓
LINE_F 2 20 3001 0.0 0.0↓
LINE_F -5 2.0 0.0 -8 3.0 0.0↓
LINE_F 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41↓
    
```

1.24 NSET

データ種別		濃度解析条件組合せ指定ヘッダー			CAL-54
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘NSET’ と記入		A4
・濃度解析条件組合せデータの先頭に 1 枚入力する。					

データ種別		濃度解析条件組合せ指定カード			CAL-55
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘NSET’ と記入		A4
2	IIN	11—15	組合せ条件番号		I5
3	NN(1)	16—20	第 1 核種条件		I5
4	NN(2)	21—25	第 2 核種条件		I5
5	NN(3)	26—30	第 3 核種条件		I5
6	NN(4)	31—35	第 4 核種条件		I5
7	NN(5)	36—40	第 5 核種条件		I5
8	NN(6)	41—45	第 6 核種条件		I5
9	NN(7)	46—50	第 7 核種条件		I5
10	NN(8)	51—55	第 8 核種条件		I5
11	NN(9)	56—60	第 9 核種条件		I5
12	NN(10)	61—65	第 10 核種条件		I5
<p>・濃度解析における各核種に対する条件番号を指定する。この条件指定は</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・節点濃度生成条件</li> <li>・節点濃度拘束条件</li> <li>・要素濃度生成条件</li> <li>・要素第 2 物性条件</li> <li>・境界濃度フラックス条件</li> </ul> <p>の場合に用いられる。</p> <p>・濃度フラックス条件指定の場合</p> <p><math>[[ki/1000] = 1,2,3</math> でなければならない。 <math>i=1, 2, \dots, 5</math></p> <p>・ <math>ki(i=1, 2, \dots, 5) &lt; 0</math> の場合は、ユーザーチンが参照される。</p> <p>(*) 現在 5 核種まで使用可能</p>					

## 濃度解析条件組合せ指定について

濃度解析は、一般に複数の核種を対象としているため、解析に必要な条件は全て核種毎の条件を組合せて指定する。指定は NSET カードを用いて行い、その一般形式は

```
NSET  nc  n1  n2  n3  ....
```

nc : 条件組合せ番号

n1 : 第 1 核種条件

n2 : 第 2 核種条件

...

n5 : 第 5 核種条件

となる。この NSET による条件指定は、以下の項目に対して共通に用いられる。

- (i) 節点濃度生成率 (\*
- (ii) 節点濃度拘束条件 (\*
- (iii) 要素濃度生成率 (\*
- (iv) 要素第 2 物性条件 (\*
- (v) 境界濃度フラックス条件 (\*、(\*\*

(\*) これらの条件は、ユーザーチンを用いた時刻歴データとして扱うことが可能である。

その場合は、nc<0 となる。nc>0 の場合は、入力データ中の時刻歴テーブルが参照される。

(\*\*) フラックス種別として 3 種類を扱うため、nc は全て 4 桁の数字となる。nc<0 の場合も同じである。

1.25 RAIN (RAIN\_F)

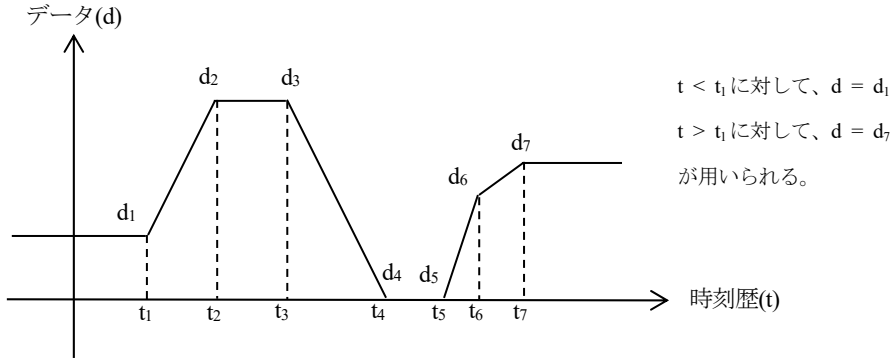
データ種別		降雨条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'RAIN' と記入		A4

データ種別		降雨条件データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'RAIN' または'RAIN_F 'と記入。'RAIN_F 'とした場合はフリーフォーマット入力 (カラム 11~500 の間にデータを記載)。		A4
2	IRIN(1)	11-15	条件番号		I5
3	IRIN(2)	16-20	分割数		I5
4	RRIN(1,1)	21-25	時刻 t1		F5.0
5	RRIN(1,2)	26-30	時刻 t2		F5.0
6	RRIN(1,3)	31-35	時刻 t3		F5.0
7	RRIN(1,4)	36-40	時刻 t4		F5.0
8	RRIN(1,5)	41-45	時刻 t5		F5.0
9	RRIN(1,6)	46-50	時刻 t6		F5.0
10	RRIN(1,7)	51-55	時刻 t7		F5.0
11	RRIN(1,8)	55-60	時刻 t8		F5.0
12	RRIN(1,9)	61-65	時刻 t9		F5.0
13	RRIN(1,10)	66-70	時刻 t10		F5.0

データ種別		降雨条件データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'RAIN' または'RAIN_F 'と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	RRIN(2,1)	21-25	降雨率 r1 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
3	RRIN(2,2)	26-30	降雨率 r2 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
4	RRIN(2,3)	31-35	降雨率 r3 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
5	RRIN(2,4)	36-40	降雨率 r4 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
6	RRIN(2,5)	41-45	降雨率 r5 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
7	RRIN(2,6)	46-50	降雨率 r6 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
8	RRIN(2,7)	51-55	降雨率 r7 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
9	RRIN(2,8)	55-60	降雨率 r8 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
10	RRIN(2,9)	61-65	降雨率 r9 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
11	RRIN(2,10)	66-70	降雨率 r10 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0

時刻歴条件について

以下のデータを必要な項目のみ入れる。



上図のようにデータが時刻によって変化する場合、そのデータを時刻とデータ量の 2 枚 1 組で与え、直線補間によりある時刻のデータ量を求める。

上図の場合、分割点数  $n$  は 7 とし、次のように与える。

タイトル	条件 no	7	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
			d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7

各条件の入力方法は

カラム	(1 枚目)	カラム	(2 枚目)
11~15	条件番号	21~25	データ量 (n 個)
16~20	分割点数 (n)	以降 5 カラム毎	
21~25	時刻 (n 個)		
以降 5 カラム毎			

定常解析時には、 $t=0$  での値が用いられる。



1.26 HEAD (HEAD\_F)

データ種別		水位条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘HEAD’ と記入		A4

データ種別		水位条件データ(1/2)													
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT										
1	NAME	1-4	‘HEAD’ または‘HEAD F’ と記入。‘HEAD_F’ とした場合はフリーフォーマット入力（コラム 11～500 の間にデータを記載）。		A4										
2	IHED(1)	11-15	条件番号	(1)	I5										
3	IHED(2)	16-20	分割数		I5										
4	RHED(1,1)	21-25	時刻 t1		F5.0										
5	RHED(1,2)	26-30	時刻 t2		F5.0										
6	RHED(1,3)	31-35	時刻 t3		F5.0										
7	RHED(1,4)	36-40	時刻 t4		F5.0										
8	RHED(1,5)	41-45	時刻 t5		F5.0										
9	RHED(1,6)	46-50	時刻 t6		F5.0										
10	RHED(1,7)	51-55	時刻 t7		F5.0										
11	RHED(1,8)	55-60	時刻 t8		F5.0										
12	RHED(1,9)	61-65	時刻 t9		F5.0										
13	RHED(1,10)	66-70	時刻 t10		F5.0										
<p>・水位条件を指定する。</p> <p>(1) 水位条件データ番号により拘束種類が指定される。</p> <table border="0"> <tr> <td>データ番号</td> <td>拘束種類</td> </tr> <tr> <td>1～1999</td> <td>圧力水頭拘束</td> </tr> <tr> <td>2000～2999</td> <td>水位拘束</td> </tr> <tr> <td>3000～</td> <td>海水位拘束</td> </tr> <tr> <td>5000～</td> <td>初期圧力水頭値を既知水頭値として使用（ライン水位条件には使用できない）</td> </tr> </table> <p>データ番号 5000～の場合でも、ダミーとしてデータを記載する必要がある（データ内容は無視される）</p>						データ番号	拘束種類	1～1999	圧力水頭拘束	2000～2999	水位拘束	3000～	海水位拘束	5000～	初期圧力水頭値を既知水頭値として使用（ライン水位条件には使用できない）
データ番号	拘束種類														
1～1999	圧力水頭拘束														
2000～2999	水位拘束														
3000～	海水位拘束														
5000～	初期圧力水頭値を既知水頭値として使用（ライン水位条件には使用できない）														

データ種別		水位条件データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘HEAD’ または‘HEAD F’ と記入（データ 1/2 と一致させる）。		A4
2	RHED(2,1)	21—25	水位高（Y 座標）h1（単位：L）		F5.0
3	RHED(2,2)	26—30	水位高（Y 座標）h2（単位：L）		F5.0
4	RHED(2,3)	31—35	水位高（Y 座標）h3（単位：L）		F5.0
5	RHED(2,4)	36—40	水位高（Y 座標）h4（単位：L）		F5.0
6	RHED(2,5)	41—45	水位高（Y 座標）h5（単位：L）		F5.0
7	RHED(2,6)	46—50	水位高（Y 座標）h6（単位：L）		F5.0
8	RHED(2,7)	51—55	水位高（Y 座標）h7（単位：L）		F5.0
9	RHED(2,8)	55—60	水位高（Y 座標）h8（単位：L）		F5.0
10	RHED(2,9)	61—65	水位高（Y 座標）h9（単位：L）		F5.0
11	RHED(2,10)	66—70	水位高（Y 座標）h10（単位：L）		F5.0

1.27 VELO (VELO\_F)

データ種別		法線流速条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘VELO’ と記入		A4

データ種別		法線流速条件データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘VELO’ または‘VELO_F’ と記入。‘VELO_F’ とした場合はフリーフォーマット入力 (カラム 11~500 の間にデータを記載)。		A4
2	IVEL(1)	11-15	条件番号		I5
3	IVEL(2)	16-20	分割数		I5
4	RVEL(1,1)	21-25	時刻 t1		F5.0
5	RVEL(1,2)	26-30	時刻 t2		F5.0
6	RVEL(1,3)	31-35	時刻 t3		F5.0
7	RVEL(1,4)	36-40	時刻 t4		F5.0
8	RVEL(1,5)	41-45	時刻 t5		F5.0
9	RVEL(1,6)	46-50	時刻 t6		F5.0
10	RVEL(1,7)	51-55	時刻 t7		F5.0
11	RVEL(1,8)	55-60	時刻 t8		F5.0
12	RVEL(1,9)	61-65	時刻 t9		F5.0
13	RVEL(1,10)	66-70	時刻 t10		F5.0

データ種別		法線流速条件データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘VELO’ または‘VELO_F’ と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	RVEL(2,1)	21-25	法線流速率 v1 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
3	RVEL(2,2)	26-30	法線流速率 v2 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
4	RVEL(2,3)	31-35	法線流速率 v3 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
5	RVEL(2,4)	36-40	法線流速率 v4 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
6	RVEL(2,5)	41-45	法線流速率 v5 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
7	RVEL(2,6)	46-50	法線流速率 v6 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
8	RVEL(2,7)	51-55	法線流速率 v7 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
9	RVEL(2,8)	55-60	法線流速率 v8 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
10	RVEL(2,9)	61-65	法線流速率 v9 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0
11	RVEL(2,10)	66-70	法線流速率 v10 (単位: L3 / (T・L2))		F5.0

1.28 SOUR (SOUR\_F)

データ種別		湧水条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘SOUR’ と記入		A4

データ種別		湧水条件データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘SOUR’ または‘SOUR_F’ と記入。‘SOUR_F’ とした場合はフリーフォーマット入力 (カラム 11~500 の間にデータを記載)。		A4
2	ISRC(1)	11-15	条件番号		I5
3	ISRC(2)	16-20	分割数		I5
4	RSRC(1,1)	21-25	時刻 t1		F5.0
5	RSRC(1,2)	26-30	時刻 t2		F5.0
6	RSRC(1,3)	31-35	時刻 t3		F5.0
7	RSRC(1,4)	36-40	時刻 t4		F5.0
8	RSRC(1,5)	41-45	時刻 t5		F5.0
9	RSRC(1,6)	46-50	時刻 t6		F5.0
10	RSRC(1,7)	51-55	時刻 t7		F5.0
11	RSRC(1,8)	55-60	時刻 t8		F5.0
12	RSRC(1,9)	61-65	時刻 t9		F5.0
13	RSRC(1,10)	66-70	時刻 t10		F5.0

データ種別		湧水条件データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘SOUR’ または‘SOUR_F’ と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	RSRC(2,1)	21-25	湧水率 s1 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0
3	RSRC(2,2)	26-30	湧水率 s2 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0
4	RSRC(2,3)	31-35	湧水率 s3 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0
5	RSRC(2,4)	36-40	湧水率 s4 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0
6	RSRC(2,5)	41-45	湧水率 s5 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0
7	RSRC(2,6)	46-50	湧水率 s6 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0
8	RSRC(2,7)	51-55	湧水率 s7 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0
9	RSRC(2,8)	55-60	湧水率 s8 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0
10	RSRC(2,9)	61-65	湧水率 s9 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0
11	RSRC(2,10)	66-70	湧水率 s10 (単位: L <sup>3</sup> / T)		F5.0

1.29 FLUX (FLUX\_F)

データ種別		濃度フラックス条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'FLUX' と記入		A4
・濃度フラックスの指定を行う。					

データ種別		濃度フラックス条件データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'FLUX' または'FLUX_F' と記入。'FLUX_F' とした場合はフリーフォーマット入力 (カラム 11~500 の間に記載)。		A4
2	IFLUX(1)	11-15	条件番号	(1)	I5
3	IFLUX(2)	16-20	分割数		I5
4	RFLUX(1,1)	21-25	時刻 t1		F5.0
5	RFLUX(1,2)	26-30	時刻 t2		F5.0
6	RFLUX(1,3)	31-35	時刻 t3		F5.0
7	RFLUX(1,4)	36-40	時刻 t4		F5.0
8	RFLUX(1,5)	41-45	時刻 t5		F5.0
9	RFLUX(1,6)	46-50	時刻 t6		F5.0
10	RFLUX(1,7)	51-55	時刻 t7		F5.0
11	RFLUX(1,8)	55-60	時刻 t8		F5.0
12	RFLUX(1,9)	61-65	時刻 t9		F5.0
13	RFLUX(1,10)	66-70	時刻 t10		F5.0
<p>(1) KK は、次の条件を満足しなければならない。</p> <p>KK = 1000 + n    . . . (i)</p> <p>or = 2000 + n    . . . (ii)</p> <p>or = 3000 + n    . . . (iii)</p> <p>(ここで、<math>0 \leq n \leq 999</math>)</p> <p>(i) (ii) (iii)はそれぞれ</p> <p>(i) <math>q_n = n \cdot (uC - DVC)</math>    : 第3種境界</p> <p>(ii) <math>q_n = -n \cdot DVC</math>    : 第2'種境界</p> <p>(iii) <math>q_n = -n \cdot VC</math>    : 第2種境界</p> <p>を意味する。</p>					

データ種別		濃度フラックス条件データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1— 4	‘FLUX’ または‘FLUX_F’ と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	RFLUX(2,1)	21—25	濃度フラックス v1		F5.0
3	RFLUX(2,2)	26—30	濃度フラックス v2		F5.0
4	RFLUX(2,3)	31—35	濃度フラックス v3		F5.0
5	RFLUX(2,4)	36—40	濃度フラックス v4		F5.0
6	RFLUX(2,5)	41—45	濃度フラックス v5		F5.0
7	RFLUX(2,6)	46—50	濃度フラックス v6		F5.0
8	RFLUX(2,7)	51—55	濃度フラックス v7		F5.0
9	RFLUX(2,8)	55—60	濃度フラックス v8		F5.0
10	RFLUX(2,9)	61—65	濃度フラックス v9		F5.0
11	RFLUX(2,10)	66—70	濃度フラックス v10		F5.0

1.30 FCNC (FCNC\_F)

データ種別		指定濃度条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘FCNC’ と記入		A4
・濃度拘束条件時刻歴テーブルを指定する。					

データ種別		指定濃度条件データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘FCNC’ と記入		A4
2	IFCNC(1)	11—15	条件番号		I5
3	IFCNC(2)	16—20	分割数		I5
4	RFCNC(1,1)	21—25	時刻 t1		F5.0
5	RFCNC(1,2)	26—30	時刻 t2		F5.0
6	RFCNC(1,3)	31—35	時刻 t3		F5.0
7	RFCNC(1,4)	36—40	時刻 t4		F5.0
8	RFCNC(1,5)	41—45	時刻 t5		F5.0
9	RFCNC(1,6)	46—50	時刻 t6		F5.0
10	RFCNC(1,7)	51—55	時刻 t7		F5.0
11	RFCNC(1,8)	55—60	時刻 t8		F5.0
12	RFCNC(1,9)	61—65	時刻 t9		F5.0
13	RFCNC(1,10)	66—70	時刻 t10		F5.0

データ種別		指定濃度条件データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘FCNC’ と記入		A4
2	RFCNC(2,1)	21—25	指定濃度 c1		F5.0
3	RFCNC(2,2)	26—30	指定濃度 c2		F5.0
4	RFCNC(2,3)	31—35	指定濃度 c3		F5.0
5	RFCNC(2,4)	36—40	指定濃度 c4		F5.0
6	RFCNC(2,5)	41—45	指定濃度 c5		F5.0
7	RFCNC(2,6)	46—50	指定濃度 c6		F5.0
8	RFCNC(2,7)	51—55	指定濃度 c7		F5.0
9	RFCNC(2,8)	55—60	指定濃度 c8		F5.0
10	RFCNC(2,9)	61—65	指定濃度 c9		F5.0
11	RFCNC(2,10)	66—70	指定濃度 c10		F5.0
・このデータは、核種指定不要である。					

### 1.31 CPRO (CPRO\_F)

データ種別		濃度生成率条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘CPRO’ と記入		A4
・濃度生成率を指定する。					



データ種別		濃度生成率条件データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘CPRO’ または‘CPRO_F’ と記入。‘CPRO_F’ とした場合はフリーフォーマット入力（カラム 11～500 の間にデータを記載）。		A4
2	ICPRO(1)	11—15	条件番号		I5
3	ICPRO(2)	16—20	分割数		I5
4	RCPRO(1,1)	21—25	時刻 t1		F5.0
5	RCPRO(1,2)	26—30	時刻 t2		F5.0
6	RCPRO(1,3)	31—35	時刻 t3		F5.0
7	RCPRO(1,4)	36—40	時刻 t4		F5.0
8	RCPRO(1,5)	41—45	時刻 t5		F5.0
9	RCPRO(1,9)	46—50	時刻 t6		F5.0
10	RCPRO(1,7)	51—55	時刻 t7		F5.0
11	RCPRO(1,8)	55—60	時刻 t8		F5.0
12	RCPRO(1,9)	61—65	時刻 t9		F5.0
13	RCPRO(1,10)	66—70	時刻 t10		F5.0

データ種別		濃度生成率条件データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘CPRO’ または‘CPRO_F’ と記入（データ 1/2 と一致させる）。		A4
2	RCPRO(2,1)	21—25	濃度生成率 p1		F5.0
3	RCPRO(2,2)	26—30	濃度生成率 p2		F5.0
4	RCPRO(2,3)	31—35	濃度生成率 p3		F5.0
5	RCPRO(2,4)	36—40	濃度生成率 p4		F5.0
6	RCPRO(2,5)	41—45	濃度生成率 p5		F5.0
7	RCPRO(2,6)	46—50	濃度生成率 p6		F5.0
8	RCPRO(2,7)	51—55	濃度生成率 p7		F5.0
9	RCPRO(2,8)	55—60	濃度生成率 p8		F5.0
10	RCPRO(2,9)	61—65	濃度生成率 p9		F5.0
11	RCPRO(2,10)	66—70	濃度生成率 p10		F5.0

1.32 SCON (SCON\_F)

データ種別		塩分濃度拘束時刻歴データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘SCON’ と記入		A4
・塩分濃度拘束時刻歴の指定を行う。					

データ種別		塩分濃度拘束時刻歴データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘SCON’ または‘SCON_F’ と記入。‘SCON_F’ とした場合はフリーフォーマット入力（カラム 11～500 の間にデータを記載）。		A4
2	ISCON(1)	11-15	時刻歴番号		I5
3	ISCON(2)	16-20	分割数		I5
4	RSCON(1,1)	21-25	時刻 t1		F5.0
5	RSCON(1,2)	26-30	時刻 t2		F5.0
6	RSCON(1,3)	31-35	時刻 t3		F5.0
7	RSCON(1,4)	36-40	時刻 t4		F5.0
8	RSCON(1,5)	41-45	時刻 t5		F5.0
9	RSCON(1,6)	46-50	時刻 t6		F5.0
10	RSCON(1,7)	51-55	時刻 t7		F5.0
11	RSCON(1,8)	55-60	時刻 t8		F5.0
12	RSCON(1,9)	61-65	時刻 t9		F5.0
13	RSCON(1,10)	66-70	時刻 t10		F5.0

データ種別		塩分濃度拘束時刻歴データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘SCON’ または‘SCON_F’ と記入（データ 1/2 と一致させる）。		A4
2	RSCON(2,1)	21—25	塩分濃度拘束値 v1		F5.0
3	RSCON(2,2)	26—30	塩分濃度拘束値 v2		F5.0
4	RSCON(2,3)	31—35	塩分濃度拘束値 v3		F5.0
5	RSCON(2,4)	36—40	塩分濃度拘束値 v4		F5.0
6	RSCON(2,5)	41—45	塩分濃度拘束値 v5		F5.0
7	RSCON(2,6)	46—50	塩分濃度拘束値 v6		F5.0
8	RSCON(2,7)	51—55	塩分濃度拘束値 v7		F5.0
9	RSCON(2,8)	55—60	塩分濃度拘束値 v8		F5.0
10	RSCON(2,9)	61—65	塩分濃度拘束値 v9		F5.0
11	RSCON(2,10)	66—70	塩分濃度拘束値 v10		F5.0

1.33 SFLX (SFLX\_F)

データ種別		塩分濃度フラックス時刻歴データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘SFLX’ と記入		A4
・塩分濃度フラックス時刻歴の指定を行う。					

データ種別		塩分濃度フラックス時刻歴データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘SFLX’ または‘SFLX_F’ と記入。‘SFLX_F’ とした場合はフリーフォーマット入力（コラム 11～500 の間にデータを記載）。		A4
2	ISFLX(1)	11—15	時刻歴番号	(1)	I5
3	ISFLX(2)	16—20	分割数		I5
4	RSFLX(1,1)	21—25	時刻 t1		F5.0
5	RSFLX(1,2)	26—30	時刻 t2		F5.0
6	RSFLX(1,3)	31—35	時刻 t3		F5.0
7	RSFLX(1,4)	36—40	時刻 t4		F5.0
8	RSFLX(1,5)	41—45	時刻 t5		F5.0
9	RSFLX(1,6)	46—50	時刻 t6		F5.0
10	RSFLX(1,7)	51—55	時刻 t7		F5.0
11	RSFLX(1,8)	55—60	時刻 t8		F5.0
12	RSFLX(1,9)	61—65	時刻 t9		F5.0
13	RSFLX(1,10)	66—70	時刻 t10		F5.0
<p>(1) KK は、次の条件を満足しなければならない。</p> <p style="margin-left: 40px;"> <math>KK = 1000 + n \quad \dots (i)</math>                      or <math>KK = 2000 + n \quad \dots (ii)</math>                      or <math>KK = 3000 + n \quad \dots (iii)</math> </p> <p style="margin-left: 40px;">(ここで、<math>0 \leq n \leq 999</math>)</p> <p>(i) (ii) (iii)はそれぞれ</p> <p style="margin-left: 40px;">                     (i) <math>q_n = n \cdot (uc - D \nabla c)</math> : 第3種境界                      (ii) <math>q_n = -n \cdot D \nabla c</math> : 第2’種境界                      (iii) <math>q_n = -n \cdot \nabla c</math> : 第2種境界                 </p> <p>を意味する。</p>					

データ種別		塩分濃度フラックス時刻歴データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-4	'SFLX' または'SFLX_F' と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	RSFLX(2,1)	21-25	塩分濃度フラックス値 v1		F5.0
3	RSFLX(2,2)	26-30	塩分濃度フラックス値 v2		F5.0
4	RSFLX(2,3)	31-35	塩分濃度フラックス値 v3		F5.0
5	RSFLX(2,4)	36-40	塩分濃度フラックス値 v4		F5.0
6	RSFLX(2,5)	41-45	塩分濃度フラックス値 v5		F5.0
7	RSFLX(2,6)	46-50	塩分濃度フラックス値 v6		F5.0
8	RSFLX(2,7)	51-55	塩分濃度フラックス値 v7		F5.0
9	RSFLX(2,8)	55-60	塩分濃度フラックス値 v8		F5.0
10	RSFLX(2,9)	61-65	塩分濃度フラックス値 v9		F5.0
11	RSFLX(2,10)	66-70	塩分濃度フラックス値 v10		F5.0

### 1.34 SPRO (SPRO\_F)

データ種別		塩分濃度生成率時刻歴データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'SPRO' と記入		A4
・塩分濃度生成率時刻歴の指定を行う。					

データ種別		塩分濃度生成率時刻歴データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘SPRO’ または‘SPRO_F ‘と記入。‘SPRO_F ‘とした場合はフリーフォーマット入力（カラム 11～500 の間にデータを記載）。		A4
2	ISPRO(1)	11—15	時刻歴番号		I5
3	ISPRO(2)	16—20	分割数		I5
4	RSPRO(1,1)	21—25	時刻 t1		F5.0
5	RSPRO(1,2)	26—30	時刻 t2		F5.0
6	RSPRO(1,3)	31—35	時刻 t3		F5.0
7	RSPRO(1,4)	36—40	時刻 t4		F5.0
8	RSPRO(1,5)	41—45	時刻 t5		F5.0
9	RSPRO(1,6)	46—50	時刻 t6		F5.0
10	RSPRO(1,7)	51—55	時刻 t7		F5.0
11	RSPRO(1,8)	55—60	時刻 t8		F5.0
12	RSPRO(1,9)	61—65	時刻 t9		F5.0
13	RSPRO(1,10)	66—70	時刻 t10		F5.0

データ種別		塩分濃度濃度時刻歴データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘SPRO’ または‘SPRO_F ‘と記入（データ 1/2 と一致させる）。		A4
2	RSPRO(2,1)	21—25	塩分濃度生成率値 v1		F5.0
3	RSPRO(2,2)	26—30	塩分濃度生成率値 v2		F5.0
4	RSPRO(2,3)	31—35	塩分濃度生成率値 v3		F5.0
5	RSPRO(2,4)	36—40	塩分濃度生成率値 v4		F5.0
6	RSPRO(2,5)	41—45	塩分濃度生成率値 v5		F5.0
7	RSPRO(2,6)	46—50	塩分濃度生成率値 v6		F5.0
8	RSPRO(2,7)	51—55	塩分濃度生成率値 v7		F5.0
9	RSPRO(2,8)	55—60	塩分濃度生成率値 v8		F5.0
10	RSPRO(2,9)	61—65	塩分濃度生成率値 v9		F5.0
11	RSPRO(2,10)	66—70	塩分濃度生成率値 v10		F5.0

1.35 HFUN (HFUN\_F)

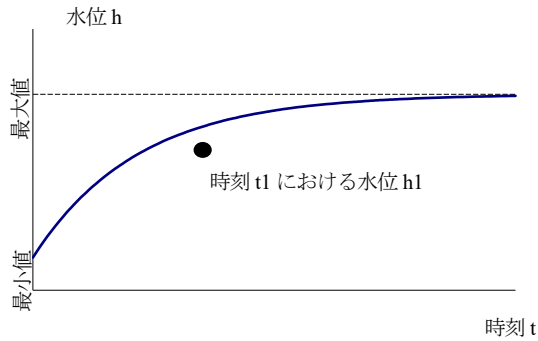
データ種別		水位条件関数データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'HFUN' と記入		A4
・水位条件関数データ群の最初に必ず1枚入力する。					

データ種別		水位条件関数データ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'HFUN' または'HFUN_F' と記入。'HFUN_F' とした場合はフリーフォーマット入力（カラム 11～500 の間にデータを記載）。		A4
2	IHFU(1)	11-15	水位条件関数データ番号（必ず負の値で定義する）	(1)	I5
3	IHFU(2)	16-20	水位条件関数番号	(2)	I5
4	RHFU(1)	21-30	パラメータ 1	(2)	F10.0
5	RHFU(2)	31-40	パラメータ 2	(2)	F10.0
6	RHFU(3)	41-50	パラメータ 3	(2)	F10.0
7	RHFU(4)	51-60	パラメータ 4	(2)	F10.0
<p>・水位条件をユーザールーチン HFUNC を用いて指定する。</p> <p>(1) 水位条件関数データ番号は必ず負の値で定義する。水位条件データ番号により拘束種類が指定される。</p> <p>データ番号 拘束種類</p> <p>1～1999 圧力水頭拘束</p> <p>2000～2999 水位拘束</p> <p>3000～ 海水位拘束</p> <p>(2) 水位条件関数番号およびパラメータ 1～4 はユーザールーチン HFUNC に引数として渡される。</p> <p>ユーザールーチン HFUNC はユーザーが任意に変更できるが、初期の HFUNC では以下のように設定されている。</p> <p>IHFU=1 : sin 関数。</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 20px;"> <math display="block">h = \frac{P1}{2} \sin \left( \frac{2\pi t}{P3} + \frac{2\pi P4}{360} \right) + P2</math> <p>ここに</p> <p>h : 水位、t : 時刻</p> <p>P1 : 振幅、P2 : 中心値、P3 : 周期、P4 : 位相 (度)</p> </div> </div>					

IFN=2 : cos 関数。

内容は sin と cos の違いだけで IFN=1 と同様。

IFN=3 : exp 関数。



$$h = (P1 - P2)(1 - \exp(-at)) + P2$$

ここに

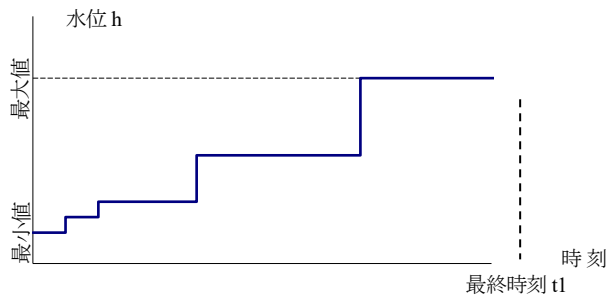
h : 水位、t : 時刻

P1 : 最大値、P2 : 最小値、P3 : 水位 h1

P4 : 時刻 t1

$$a = -\ln\left(1 - \frac{P1 - P2}{P3 - P2}\right) / P4$$

IFN=4 : ステップ関数。



P1 : 最大値、P2 : 最小値、P3 : 最終時刻 t1

ユーザールーチンに設定されているテーブルを P1~P3 のパラメータを用いてスケーリングして使用する。解析時刻が最終時刻を超えた場合は最終時刻における水位が出力される。

初期状態では以下のテーブルが設定されている。

時刻	1.0	2.0	5.0	10.0	20.0
水位	0.0	0.1	0.2	0.5	1.0



1.36 COND

データ種別		透水係数データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘COND’ と記入		A4
・飽和時の透水係数を与える。					

データ種別		透水係数データ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘COND’ と記入		A4
2	ICN	11—15	透水係数番号		I5
3	RKXY(1)	21—30	} 透水係数 (単位: L / T)		E10.3
4	RKXY(2)	31—40			E10.3
5	RKXY(3)	41—50			E10.3
6	RKXY(4)	51—60	土の圧縮係数 (単位: L <sup>2</sup> / (M · L / T <sup>2</sup> ))		E10.3
7	IN1	61—65	透水係数時刻歴番号	(1)	I5
8	IN2	66—70	間隙率時刻歴番号	(1)	I5
(1) 透水係数または間隙率に掛け合わせる係数時刻歴 (TCOE データ番号) を指定する。時刻歴から計算される各解析時刻に対応した係数が、透水係数または間隙率に掛け合わされる。					

1.37 C. CO

データ種別		透水関数データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-4	‘C. CO’ と記入		A4
<p>・不飽和時の <math>\theta - hp</math>, <math>\theta - k_{\theta}</math>, <math>u - k_u</math> の各曲線を与える。</p> <p>ここで、</p> <p><math>\theta</math> : 含水率, <math>hp</math> : 圧力水頭, <math>u</math> : 平均流速</p> <p><math>k_{\theta}</math> : <math>\theta</math> に関する飽和時の <math>k</math> に対する割合</p> <p><math>k_u</math> : <math>u</math> に関する飽和時の <math>k</math> に対する割合</p> <p>各曲線は 2 枚 1 組、計 6 枚で 1 つの関数を与える。</p> <p>不飽和時の透水係数 <math>K_f</math> は飽和時の透水係数 <math>K</math> より</p> $K_f = K \cdot k_{\theta}(\theta, h_p) \cdot k_u(u)$ <p>として求める。</p>					

1.38 TH-H (TH-H\_F)

データ種別		$\theta - hp$ 曲線データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘TH-H’ または ‘TH-H_F’ と記入。‘TH-H_F’ とした場合はフリーフォーマット入力 (カラム 11~500 の間にデータを記載)。		A4
2	IFN	11-15	透水関数番号		I5
3	ND1	16-20	分割数		I5
4	TH1(1)	21-25	含水率 $\theta 1$		F5.0
5	TH1(2)	26-30	含水率 $\theta 2$		F5.0
6	TH1(3)	31-35	含水率 $\theta 3$		F5.0
7	TH1(4)	36-40	含水率 $\theta 4$		F5.0
8	TH1(5)	41-45	含水率 $\theta 5$		F5.0
9	TH1(6)	46-50	含水率 $\theta 6$		F5.0
10	TH1(7)	51-55	含水率 $\theta 7$		F5.0
11	TH1(8)	55-60	含水率 $\theta 8$		F5.0
12	TH1(9)	61-65	含水率 $\theta 9$		F5.0
13	TH1(10)	66-70	含水率 $\theta 10$		F5.0

データ種別		θ-hp 曲線データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘TH-H’ または‘TH-H_F’ と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	HP(1)	21-25	圧力水頭 hp1 (単位 : L)		F5.0
3	HP(2)	26-30	圧力水頭 hp2 (単位 : L)		F5.0
4	HP(3)	31-35	圧力水頭 hp3 (単位 : L)		F5.0
5	HP(4)	36-40	圧力水頭 hp4 (単位 : L)		F5.0
6	HP(5)	41-45	圧力水頭 hp5 (単位 : L)		F5.0
7	HP(6)	46-50	圧力水頭 hp6 (単位 : L)		F5.0
8	HP(7)	51-55	圧力水頭 hp7 (単位 : L)		F5.0
9	HP(8)	55-60	圧力水頭 hp8 (単位 : L)		F5.0
10	HP(9)	61-65	圧力水頭 hp9 (単位 : L)		F5.0
11	HP(10)	66-70	圧力水頭 hp10 (単位 : L) (hpi ≠ hpi+1)		F5.0

1.39 TH-K (TH-K\_F)

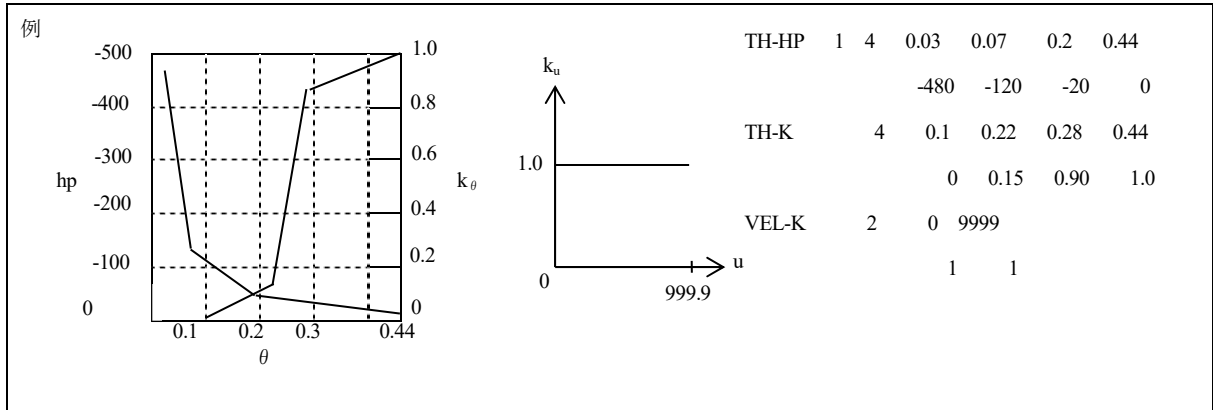
データ種別		$\theta-k\theta$ 曲線データ(1/2)			
順 番	入 力 変数名	入 力 位 置	説 明	注	入 力 FORMAT
1	NAME	1—4	‘TH-K’ または‘TH-K_F’ と記入。‘TH-K_F’ とした場合はフリーフォーマット入力 (カラム 11~500 の間にデータを記載)。		A4
2	ND2	16—20	分割点数		I5
3	TH2(1)	21—25	含水率 $\theta 1$		F5.0
4	TH2(2)	26—30	含水率 $\theta 2$		F5.0
5	TH2(3)	31—35	含水率 $\theta 3$		F5.0
6	TH2(4)	36—40	含水率 $\theta 4$		F5.0
7	TH2(5)	41—45	含水率 $\theta 5$		F5.0
8	TH2(6)	46—50	含水率 $\theta 6$		F5.0
9	TH2(7)	51—55	含水率 $\theta 7$		F5.0
10	TH2(8)	55—60	含水率 $\theta 8$		F5.0
11	TH2(9)	61—65	含水率 $\theta 9$		F5.0
12	TH2(10)	66—70	含水率 $\theta 10$		F5.0

データ種別		$\theta-k\theta$ 曲線データ(2/2)			
順 番	入 力 変数名	入 力 位 置	説 明	注	入 力 FORMAT
1	NAME	1—4	‘TH-K’ または‘TH-K_F’ と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	RKT(1)	21—25	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 1)$		F5.0
3	RKT(2)	26—30	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 2)$		F5.0
4	RKT(3)	31—35	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 3)$		F5.0
5	RKT(4)	36—40	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 4)$		F5.0
6	RKT(5)	41—45	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 5)$		F5.0
7	RKT(6)	46—50	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 6)$		F5.0
8	RKT(7)	51—55	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 7)$		F5.0
9	RKT(8)	55—60	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 8)$		F5.0
10	RKT(9)	61—65	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 9)$		F5.0
11	RKT(10)	66—70	$\theta$ に対する係数 $k\theta(\theta 10)$ <span style="float: right;">(<math>k\theta(\theta i) \neq k\theta(\theta i+1)</math>)</span>		F5.0

1.40 VEL- (VEL-\_F)

データ種別		u-ku 曲線データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘VEL-’ または‘VEL-_F’ と記入。‘VEL-_F’ とした場合はフリーフォーマット入力 (カラム 11~500 の間にデータを記載)。		A4
2	ND3	16-20	分割点数		I5
3	U(1)	21-25	流束 u1		F5.0
4	U(2)	26-30	流束 u2		F5.0
5	U(3)	31-35	流束 u3		F5.0
6	U(4)	36-40	流束 u4		F5.0
7	U(5)	41-45	流束 u5		F5.0
8	U(6)	46-50	流束 u6		F5.0
9	U(7)	51-55	流束 u7		F5.0
10	U(8)	55-60	流束 u8		F5.0
11	U(9)	61-65	流束 u9		F5.0
12	U(10)	66-70	流束 u10 (u <sub>i</sub> ≠ u <sub>i+1</sub> )		F5.0

データ種別		u-ku 曲線データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘VEL-’ または‘VEL-_F’ と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	RKU(1)	21-25	u に対する係数 ku(u1) (単位: L / T)		F5.0
3	RKU(2)	26-30	u に対する係数 ku(u2) (単位: L / T)		F5.0
4	RKU(3)	31-35	u に対する係数 ku(u3) (単位: L / T)		F5.0
5	RKU(4)	36-40	u に対する係数 ku(u4) (単位: L / T)		F5.0
6	RKU(5)	41-45	u に対する係数 ku(u5) (単位: L / T)		F5.0
7	RKU(6)	46-50	u に対する係数 ku(u6) (単位: L / T)		F5.0
8	RKU(7)	51-55	u に対する係数 ku(u7) (単位: L / T)		F5.0
9	RKU(8)	55-60	u に対する係数 ku(u8) (単位: L / T)		F5.0
10	RKU(9)	61-65	u に対する係数 ku(u9) (単位: L / T)		F5.0
11	RKU(10)	66-70	u に対する係数 ku(u10) (単位: L / T)		F5.0



1.41 MAT1

データ種別		核種第1物性ヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'MAT1' と記入		A4

・第1物性データ群の先頭に1枚入力する。

データ種別		核種第1物性データ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'MAT1' と記入		A4
2	IDCND	11-15	第1物性条件番号		I5
3	DCND(1)	21-30	$a_L$ (縦分散長)		F10.0
4	DCND(2)	31-40	$a_T$ (横分散長)		F10.0
5	DCND(3)	41-50	$D_a$ (分子拡散係数)		F10.0
6	DCND(4)	51-60	$\tau$ (屈曲度)		F10.0

- ・第1物性データを指定する。
- ・拡散係数は、次式で与えられる。

$$D_{ij} = a_T |\mathbf{u}| \delta_{ij} + (a_L - a_T) \frac{u_i u_j}{|\mathbf{u}|} + \varepsilon D_a \tau \delta_{ij}$$

ここで、

$\mathbf{u}$  : ダルシー流速ベクトル

$\varepsilon$  : 間隙率

1.42 MAT2

データ種別		核種第2物性ヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘MAT2’ と記入		A4
・第2物性データ群の先頭に1枚入力する。					

データ種別		核種第2物性データ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘MAT2’ と記入		A4
2	IMATE	11-15	第2物性条件番号		I5
3	RMATE(1)	21-30	遅延係数 R		F10.0
・第2物性データを指定する。					

1.43 NUCL

データ種別		核種第3物性データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘NUCL’ と記入		A4
・第3物性データ群の先頭に入力する。					

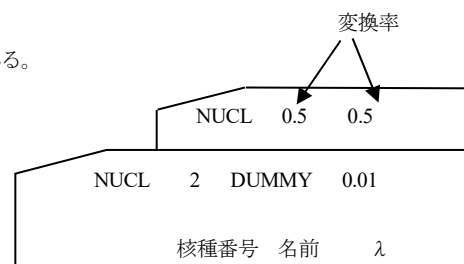
データ種別		核種第3物性データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘NUCL’ と記入		A4
2	INUCL	9-10	核種番号 i (=1 : 第1核種、 =2 : 第2核種)	(1)	I2
3	L_CHAR	11-30	核種名	(2)	5A4
4	RNUCL(0)	31-40	崩壊定数 $\lambda_i$ (単位: 1 / T)		F10.0

(1) 核種番号は、5以下の自然数を指定する。

(2) 任意の英数字を20字以内で記入する。結果リストにプリント出力される。

・全核種について定義する。

・次項のカードで崩壊系列の変換率を定義する。



(1組の第3物性データカード)

データ種別		核種第3物性データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘NUCL’ と記入		A4
2	RNUCL(1)	11—20	変換率 $\xi_{i+1,i}$ (i 核種から i+1 核種へ)		F10.0
3	RNUCL(2)	21—30	変換率 $\xi_{i+2,i}$ (i 核種から i+2 核種へ)		F10.0
4	RNUCL(3)	31—40	変換率 $\xi_{i+3,i}$ (i 核種から i+3 核種へ)		F10.0
5	RNUCL(4)	41—50	変換率 $\xi_{i+4,i}$ (i 核種から i+4 核種へ)		F10.0
6	RNUCL(5)	51—60	変換率 $\xi_{i+5,i}$ (i 核種から i+5 核種へ)		F10.0
7	RNUCL(6)	61—70	変換率 $\xi_{i+6,i}$ (i 核種から i+6 核種へ)		F10.0
8	RNUCL(7)	71—80	変換率 $\xi_{i+7,i}$ (i 核種から i+7 核種へ)		F10.0

・  $0.0 \leq \xi \leq 1.0$   
 ・ i : 前カードで定義される核種番号  
 ・ 崩壊系列は、下記のようなものとする。崩壊系列の n 番目の成分を n 核種と呼び、 $\xi_{nm}$  は、m 核種から n 核種への移る割合を意味する(\*)。

核種崩壊系列

(\*) 取り扱う核種数には、制限がある。(≦5)



1.44 SMAT

データ種別		塩分濃度物性値ヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘SMAT’ と記入		A4
・塩分濃度解析時の要素物性を定義する。					

データ種別		塩分濃度物性値			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘SMAT’ と記入		A4
2	ISMAT	11—15	塩分濃度物性番号		I5
3	RSMAT(1)	21—30	土粒子の真密度 $\rho_s$		F10.0E10.0
4	RSMAT(2)	31—40	分配係数 $K_d$		F10.0E10.0
<p>・塩分濃度解析時の遅延係数 R は、次式により評価される。</p> $R = 1 + \frac{\rho_s(1 - \varepsilon)K_d}{\theta}$ <p>ここで、</p> <p><math>\rho_s</math> : 土粒子の真密度</p> <p><math>K_d</math> : 分配係数</p> <p><math>\varepsilon</math> : 間隙率</p> <p><math>\theta</math> : 体積含水率</p>					

1.45 TCOE (TCOE\_F)

データ種別		係数時刻歴データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘TCOE’ と記入		A4
<p>・係数時刻歴データを定義する。 係数時刻歴カード(1/2)と(2/2)で係数の時刻歴を定義する。</p>					

データ種別		係数時刻歴データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘TCOE’ または‘TCOE_F’ と記入。‘TCOE_F’ とした場合はフリーフォーマット入力 (コラム 11~500 の間にデータを記載)。		A4
2	ITCOE(1)	11-15	時刻歴番号		I5
3	ITCOE(2)	16-20	分割数		I5
4	RTCOE(1,1)	21-25	時刻 t1		F5.0
5	RTCOE(1,2)	26-30	時刻 t2		F5.0
6	RTCOE(1,3)	31-35	時刻 t3		F5.0
7	RTCOE(1,4)	36-40	時刻 t4		F5.0
8	RTCOE(1,5)	41-45	時刻 t5		F5.0
9	RTCOE(1,6)	46-50	時刻 t6		F5.0
10	RTCOE(1,7)	51-55	時刻 t7		F5.0
11	RTCOE(1,8)	55-60	時刻 t8		F5.0
12	RTCOE(1,9)	61-65	時刻 t9		F5.0
13	RTCOE(1,10)	66-70	時刻 t10		F5.0

データ種別		係数時刻歴データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘TCOE’ または‘TCOE _F’ と記入 (データ 1/2 と一致させる)。		A4
2	RTCOE(2,1)	21—25	係数 v1		F5.0
3	RTCOE(2,2)	26—30	係数 v2		F5.0
4	RTCOE(2,3)	31—35	係数 v3		F5.0
5	RTCOE(2,4)	36—40	係数 v4		F5.0
6	RTCOE(2,5)	41—45	係数 v5		F5.0
7	RTCOE(2,6)	46—50	係数 v6		F5.0
8	RTCOE(2,7)	51—55	係数 v7		F5.0
9	RTCOE(2,8)	55—60	係数 v8		F5.0
10	RTCOE(2,9)	61—65	係数 v9		F5.0
11	RTCOE(2,10)	66—70	係数 v10		F5.0

1.46 TFUN

データ種別		関数時刻歴データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘TFUN’ と記入		A4
・関数時刻歴データを定義する。 関数時刻歴カード(1/2)と(2/2)で透水関数の時刻歴を定義する。					

データ種別		関数時刻歴データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘TFUN’ と記入		A4
2	ITFUN(1)	11—15	時刻歴番号 (負の値を入力)	(1)	I5
3	ITFUN(2)	16—20	分割数		I5
4	RTFUN(1,1)	21—25	時刻 t1		F5.0
5	RTFUN(1,2)	26—30	時刻 t2		F5.0
6	RTFUN(1,3)	31—35	時刻 t3		F5.0
7	RTFUN(1,4)	36—40	時刻 t4		F5.0
8	RTFUN(1,5)	41—45	時刻 t5		F5.0
9	RTFUN(1,6)	46—50	時刻 t6		F5.0
10	RTFUN(1,7)	51—55	時刻 t7		F5.0
11	RTFUN(1,8)	55—60	時刻 t8		F5.0
12	RTFUN(1,9)	61—65	時刻 t9		F5.0
13	RTFUN(1,10)	66—70	時刻 t10		F5.0
(1) 関数時刻歴番号は必ず負の番号を使用する。					

データ種別		関数時刻歴データ(2/2)			CAL-137
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘TFUN’ と記入		A4
2	RTFUN(2,1)	21—25	透水関数番号 i1		I5
3	RTFUN(2,2)	26—30	透水関数番号 i2		I5
4	RTFUN(2,3)	31—35	透水関数番号 i3		I5
5	RTFUN(2,4)	36—40	透水関数番号 i4		I5
6	RTFUN(2,5)	41—45	透水関数番号 i5		I5
7	RTFUN(2,6)	46—50	透水関数番号 i6		I5
8	RTFUN(2,7)	51—55	透水関数番号 i7		I5
9	RTFUN(2,8)	55—60	透水関数番号 i8		I5
10	RTFUN(2,9)	61—65	透水関数番号 i9		I5
11	RTFUN(2,10)	66—70	透水関数番号 i10		I5

1.47 INIT (INIT\_F)

データ種別		初期圧力水頭条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘INIT’ と記入		A4
・初期圧力水頭条件データを定義する。					

データ種別		初期圧力水頭条件データ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘INIT’ または‘INIT_F’ と記入。‘INIT_F’ とした場合はフリーフォーマット入力 (カラム 11~500 の間にデータを記載)。		A4
2	NN	11-15	自動生成開始節点番号		I5
3	RR	16-25	初期圧力水頭 hp (単位 : L)		F10.0
4	MM	26-30	自動生成終了節点番号		I5
5	LL	31-35	節点番号増分		I5
<p>・ <math>NN \leq NN+(i-1)*LL \leq MM</math> (<math>i=1,2,\dots</math>) の節点番号(*)の節点の初期値を RR とする。</p> <p>・ 初期を与える節点番号に対応する節点が、NODE データにより定義されていない場合、ワーニングメッセージを出力する。</p> <p>・ 指定がない場合、初期圧力水頭 = -Y 座標 (全水頭ゼロに相当) としてセットされる。</p> <p>(*) <math>MM=NN+(i-1)*LL</math> に相当する <math>il</math> (<math>i</math>: 自然数) がない場合は、MM 番号の節点は指定から除かれる。</p>					

1.48 CONC

データ種別		濃度場解析初期条件データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘CONC’ と記入		A4
・濃度場解析初期条件データを定義する。					

データ種別		濃度場解析初期条件データ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1—4	‘CONC’ と記入		A4
2	II	9—10	核種番号		I2
3	NN	11—15	自動生成開始節点番号		I5
4	RR	16—25	初期濃度		F10.0
5	MM	26—30	自動生成終了節点番号		I5
6	LL	31—35	節点番号増分		I5
<p>・IIに核種番号を記入する。他は地下水流動解析初期条件データと同様。</p> <p>・<math>NN \leq NN+(i-1)*LL \leq MM</math> (<math>i=1,2,\dots</math>) の節点番号(*)の節点の初期値をRRとする。</p> <p>・指定がない場合、初期濃度 = 0としてセットされる。</p> <p>(*)<math>MM=NN+(i-1)*LL</math>に相当する<i>i</i> (<i>i</i>:自然数)がない場合は、MM番号の節点は指定から除かれる。</p>					

1.49 RECH

データ種別		涵養量コントロールデータ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘RECH’ と記入		A4
2	IRCHCN	11-15	涵養量コントロールオプション =0 : 涵養量コントロールは行わない =1 : 涵養量コントロールを行う	(1)	I5
3	RRCHCN	21-30	涵養量コントロール時の最小圧力水頭値 (マイナス値を与えた場合に機能)	(2)	F10.0
4	iRCH_CBnd	31-35	涵養量コントロール節点の塩分濃度解析・EL 法における移流分散境界条件番号	(3)	I5
5	RCH_Conc(1)	36-45	涵養量コントロール節点の塩分濃度解析・EL 法における設定流入濃度		F10.0
6	RCH_Conc(2)	46-55	涵養量コントロール節点の塩分濃度解析・EL 法における設定流出濃度		F10.0

(1) IRCHCN≠0 の時は、境界要素 (ISOB データ) で RAIN 番号が 1000 以上の降雨率を指定した場合、対応する節点の圧力水頭計算値が正圧の場合は、涵養量コントロール節点とする。

(2) 圧力水頭値 Hp が RRCHCN < Hp < 0.0 の場合は、降雨率を線形補間して与える。RRCHCN がゼロ以上の場合、設定した降雨率が補間されず、そのまま使用される。

(3) 移流分散境界条件番号と内容

境界条件番号	地下水流向	節点の境界条件
-4	流出	【既知濃度】濃度=設定流出濃度
	流入	【既知分散フラックス】分散フラックス=0
-5	流出	【既知分散フラックス】分散フラックス=0
	流入	【既知濃度】濃度=設定流入濃度
-6	流出	【既知濃度】濃度=設定流出濃度
	流入	【既知濃度】濃度=設定流入濃度
-8	流入	【既知濃度】移流濃度=設定流入濃度
	流出	境界条件を明示的に与えない移流分散解析

涵養量コントロール節点は、既知水頭節点 (圧力水頭ゼロ)、または降雨注入節点 (既知流量節点) のいずれかとなる。降雨注入節点の圧力水頭値がゼロより大きい場合、降雨注入節点→既知水頭節点へ切り替わる。また、既知水頭節点の流入量が設定流量×SwBdFcRc (CONT データにより設定) より大きくなった場合、既知水頭節点→降雨注入節点へ切り替わる。



1.50 DEPI

データ種別		深度計算方法1 データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘DEPI’ と記入		A4
・深度計算方法1 (深度基準要素一括指定方式) データを定義する。					

データ種別		深度計算方法1 データ																																																											
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT																																																								
1	NAME	1-4	‘DEPI’ と記入		A4																																																								
2	iElmNord	11-15	要素番号の付け方タイプの番号 1:X 方向に番号が連続 (下から X+方向に開始) 2:X 方向に番号が連続 (上から X+方向に開始) 3:Y 方向に番号が連続 (下から Y+方向に開始) 4:Y 方向に番号が連続 (上から Y-開始→下が番号小)	(1)	I5																																																								
3	nXElm	16-25	X 方向要素数 (要素はグリッド状配置であることが前提)		I10																																																								
4	nYElm	26-35	Y 方向要素数 (要素はグリッド状配置であることが前提)		I10																																																								
(1) 要素番号の付け方タイプ例 (左右の数字の並び方は逆でも可)																																																													
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="text-align:center;">①</td> <td style="text-align:center;">②</td> <td style="text-align:center;">③</td> <td style="text-align:center;">④</td> </tr> <tr> <td style="border:1px solid black; padding:2px;"> <table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table> </td> <td style="border:1px solid black; padding:2px;"> <table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> </table> </td> <td style="border:1px solid black; padding:2px;"> <table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>12</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>11</td></tr> <tr><td>1</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td></tr> </table> </td> <td style="border:1px solid black; padding:2px;"> <table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>1</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>11</td></tr> <tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>12</td></tr> </table> </td> </tr> </table>						①	②	③	④	<table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	9	10	11	12	5	6	7	8	1	2	3	4	<table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>12</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>11</td></tr> <tr><td>1</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td></tr> </table>	3	6	9	12	2	5	8	11	1	4	7	10	<table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>1</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>11</td></tr> <tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>12</td></tr> </table>	1	4	7	10	2	5	8	11	3	6	9	12
①	②	③	④																																																										
<table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	9	10	11	12	5	6	7	8	1	2	3	4	<table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>12</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>11</td></tr> <tr><td>1</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td></tr> </table>	3	6	9	12	2	5	8	11	1	4	7	10	<table style="border-collapse:collapse; text-align:center;"> <tr><td>1</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>11</td></tr> <tr><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>12</td></tr> </table>	1	4	7	10	2	5	8	11	3	6	9	12										
9	10	11	12																																																										
5	6	7	8																																																										
1	2	3	4																																																										
1	2	3	4																																																										
5	6	7	8																																																										
9	10	11	12																																																										
3	6	9	12																																																										
2	5	8	11																																																										
1	4	7	10																																																										
1	4	7	10																																																										
2	5	8	11																																																										
3	6	9	12																																																										
*入力データ見本																																																													
DEPI																																																													
DEPI		3	20	20																																																									

1.51 DEP2

データ種別		深度計算方法2 データヘッダー (深度基準要素個別指定方式)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘DEP2’ と記入		A4
<p>・深度計算方法2 (深度基準要素個別指定方式) データを定義する。</p> <p>・深度計算方法2 データを設定データ数分定義する。</p>					

データ種別		深度計算方法2 データ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘DEP2’ と記入		A4
2	iElmSt	11-20	設定要素開始番号		I10
3	iElmEd	21-30	設定要素終了番号 (対象要素が1個の場合は開始番号と同じ番号、またはブランク)	(1)	I10
4	iElmInc	31-40	設定要素番号間隔 (要素1個の場合は1)		I10
5	iSfElm	41-50	深度基準要素番号		I10
<p>(1) fortran コード「do I = iElmSt, ElmEd, iElmInc」のIとして、要素番号が設定される。                  データは複数行を入力することができる。</p> <p>*入力データ見本</p> <p>2行目：要素 1,21,41・・・,181 の深度基準要素を 10 に設定</p> <pre>                 DEP2                 DEP2          1      181      20      10                 DEP2          2      182      20      11                 DEP2          3      183      20      12                 </pre>					

1.52 DEP3

データ種別		深度計算方法3 データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'DEP3' と記入		A4
・深度計算方法3 (深度基準線指定) データを定義する。					

データ種別		深度計算方法3 データ(1/5)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'DEP3' と記入		A4
2	nSfLn	11-15	深度基準線数		I5
次のデータ (2/5~4/5) をセットで深度基準線数分定義する。					

データ種別		深度計算方法3 データ(2/5)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'DEP3' と記入		A4
2	iSfLnID	11-15	深度基準線番号		I5
3	nSfLnPt	16-20	深度基準線のデータ点数		I5

データ種別		深度計算方法3 データ(3/5)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	'DEP3' と記入		A4
2	SfLnX(1)	11-20	深度基準線の点1のx座標 x1		F10.0
3	SfLnX(2)	21-30	深度基準線の点2のx座標 x2		F10.0
4	SfLnX(3)	31-40	深度基準線の点3のx座標 x3		F10.0
5	SfLnX(4)	41-50	深度基準線の点4のx座標 x4		F10.0
6	SfLnX(5)	51-60	深度基準線の点5のx座標 x5		F10.0
7	SfLnX(6)	61-70	深度基準線の点6のx座標 x6		F10.0
点が7点以上ある場合は、x座標6点(点1-6) →次の行でy座標6点(点1-6) →次の行でx座標6点(点7-12) →次の行でy座標6点(点7-12)を必要データ数分繰り返す。					

データ種別		深度計算方法3データ(4/5)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘DEP3’ と記入		A4
2	SfLnY(1)	11-20	深度基準線の点1のy座標 y1		F10.0
3	SfLnY(2)	21-30	深度基準線の点2のy座標 y2		F10.0
4	SfLnY(3)	31-40	深度基準線の点3のy座標 y3		F10.0
5	SfLnY(4)	41-50	深度基準線の点4のy座標 y4		F10.0
6	SfLnY(5)	51-60	深度基準線の点5のy座標 y5		F10.0
7	SfLnY(6)	61-70	深度基準線の点6のy座標 y6		F10.0

データ種別		深度計算方法3データ(5/5)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘DEP3’ と記入		A4
2	iElmSt	11-20	設定要素開始番号		I10
3	iElmEd	21-30	設定要素終了番号 (対象要素が1個の場合は開始番号と同じ番号、またはブランク)	(1)	I10
4	iElmInc	31-40	設定要素番号間隔 (要素1個の場合は1)		I10
5	iSfElm	41-50	深度基準線番号		I10

(5/5) データは、(2/5~4/5) データを深度基準線数分定義した後に必要数分を定義。

(1) fortran コード「do I = iElmSt, ElmEd, iElmInc」のIとして、設定要素番号が設定される。

データは複数行を入力することができる。

\*入力データ見本

線データ (番号10) は (0,55)、(100,95) の2点

下から2行目: 要素 1,21,41・・・,181 の深度基準線番号を10に設定)

```

DEP3↓
DEP3      2↓
DEP3     10  2↓
DEP3      0      100↓
DEP3      55     95↓
DEP3     20  2↓
DEP3      0     200↓
DEP3     195   195↓
DEP3      1     181     20     10↓
DEP3      2     182     20     10↓
DEP3      3     183     20     10↓
DEP3      4     184     20     10↓
DEP3      5     185     20     10↓
    
```

1.53 DEPV

データ種別		深度-係数データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘DEPV’ と記入		A4
・深度-係数データを定義する。 ・次のデータ (1/3~3/3) をセットで深度-係数データ数分定義する。。					

データ種別		深度-係数データ(1/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘DEPV’ と記入		A4
2	iDepVFn_ID	11-15	深度-係数データ番号		I5
3	nDepVPt	16-20	深度-係数データ点数		I5

データ種別		深度-係数データ(2/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘DEPV’ と記入		A4
2	DepV_XY(1,1)	11-20	深度-係数データの点1の深度 d1		F10.0
3	DepV_XY(1,2)	21-30	深度-係数データの点2の深度 d2		F10.0
4	DepV_XY(1,3)	31-40	深度-係数データの点3の深度 d3		F10.0
5	DepV_XY(1,4)	41-50	深度-係数データの点4の深度 d4		F10.0
6	DepV_XY(1,5)	51-60	深度-係数データの点5の深度 d5		F10.0
7	DepV_XY(1,6)	61-70	深度-係数データの点6の深度 d6		F10.0
点が7点以上ある場合は、深度6点 (点1-6) →次の行で係数6点 (点1-6) →次の行で深度6点 (点7-12) → →次の行で係数6点 (点7-12) を必要データ数分繰り返す。					

データ種別		深度-係数データ(3/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NAME	1-4	‘DEPV’ と記入		A4
2	DepV_XY(2,1)	11-20	深度-係数データの点1の係数 v1		F10.0
3	DepV_XY(2,2)	21-30	深度-係数データの点2の係数 v2		F10.0
4	DepV_XY(2,3)	31-40	深度-係数データの点3の係数 v3		F10.0
5	DepV_XY(2,4)	41-50	深度-係数データの点4の係数 v4		F10.0
6	DepV_XY(2,5)	51-60	深度-係数データの点5の係数 v5		F10.0
7	DepV_XY(2,6)	61-70	深度-係数データの点6の係数 v6		F10.0

深度係数データは必要データ数分について、上記の入力を繰り返す。

\*入力データ見本

データ (番号 1) は (0,1.0)、(90,0.5) の 2 点

DEPV

DEPV	1	2	
DEPV		0	90
DEPV		1.0	0.5
DEPV	2	2	
DEPV		0	90
DEPV		1.0	0.3

1.54 END

データ種別		エンドデータ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力 FORMAT
1	JJ	1-4	‘END□’ と記入		A4

・全データ群の最後に 1 枚入力する。必ず入力しなければならない。

2. 初期塩分濃度データ

初期塩分濃度データ (拡張子 MSALT) は以下の形式で入力する。

データ種別		初期塩分濃度データ			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力 FORMAT
1	NN	1-5	自動生成開始節点番号		I5
2	MM	6-10	自動生成終了節点番号		I5
3	LL	11-15	節点番号増分		I5
4	RR	21-30	初期塩分濃度 (規格化)		F10.0

・  $NN \leq NN+(i-1)*LL \leq MM$  ( $i=1,2,\dots$ ) の節点番号(\*)の節点の初期値を RR とする。

・必要な分を複数行にわたって記載する。

### 3. EL 法入力データ

EL 法入力データ (fort.102) は以下の形式で入力する。

#### 3.1 ELUS

データ種別		EL 法コントロールカードヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-4	'ELUS' と記入		A4

データ種別		EL 法コントロールカード(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NINT	46-50	ガウスの積分次数 デフォルト値: 3		I5

データ種別		ELUS コントロールカード(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	KVELF	36-40	0: 節点の流速を有限要素メッシュから計算 1: 要素流速の面積重み平均を節点の流速とする デフォルト値:1	(1)	I5
2	MOVED	46-50	移流計算時の粒子移動法計算法 0: 2次のルンゲ・クッタ法 (ホルン法) を使用する 0以外: 6段5次のルンゲ・クッタ法を使用する デフォルト値: 0	(2)	I5

(1) 現状では、KVELF=0とした場合に節点流速が正しく計算されない。

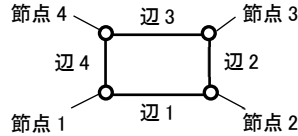
\*入力データ見本

```

ELUS↓
  1  1  1  1  1  10  1  3  1.0E-3  2  2111  0.01 M  SEC↓
  1  1.0  0.025  0.01  1  0  1  0↓
                                KVELF  MOVE
                                NINT
    
```

3.2 CLINE

データ種別		濃度境界線データヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-5	‘CLINE’ と記入	(1)	A5
(1) モデル内部に濃度既知境界があるとき、プログラム内部で移流による濃度を計算する際、必要なデータとなる。 要素による指定のみ可能である。					

データ種別		濃度境界線データ(1/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	F	1	E: 要素による指定 空白: 継続行として前の指定を引き継ぐ。		I5
2	FNO	6-10	i: 辺番号 空白: 継続行として前の指定を引き継ぐ。	(2)	F10.0
3	ES	11-15	要素番号	(3)	I5
4	EE	16-20	要素番号 ES がマイナスならば DO 文形式による入力とみなす。 その場合は、設定終了番号になる。	(3)	I5
5	EI	21-25	設定要素番号間隔 ES、EE、EI が「-10 20 2」である場合「10,12,14,16,18,20」が対象要素となる。	(3)	I5
<p>(2) 辺番号は要素の節点番号順に                      節点 1-2 間: 辺 1    節点 2-3 間: 辺 2                      節点 3-4 間: 辺 3    節点 4-1 間: 辺 4                      となる。</p>  <p>(3) DO 文形式を使用する場合の入力形式。DO 文形式は 1 行で 1 回だけ指定できる。</p>					

データ種別		濃度境界線データ(2/2)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	E1,E2,..	11-80	DO 文形式を使用しない場合は、対象要素番号を 5 カラムごとに要素数分入力。	(4)	I5
<p>(4) DO 形式を使用しない場合の入力形式。                      *入力データ見本                      CLINE↓                      E        3 -100 122    2↓                                201 203 205 206 301 305 402 444↓</p>					



### 3.3 FWPT

データ種別		フォワードパーティクルデータヘッダー			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-4	‘FWPT’ と記入	(1)	A4

(1) 移流が卓越する場合、濃度勾配が急峻な部分、または濃度固定境界上に、フォワードパーティクル（移動粒子）を配置する。

データ種別		フォワードパーティクルデータ(1/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NUMFP	1-5	フォワードパーティクルの個数		I5
2	TIME	6-15	フォワードパーティクルを発生させる時間		F10.0

データ種別		フォワードパーティクルデータ(2/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	NUMFP	1-5	フォワードパーティクルの個数		I5
2	TIME	6-15	フォワードパーティクルを発生させる時間		F10.0

データ種別		フォワードパーティクルデータ(3/3)			
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	Y	6-15	発生させる x 座標	(1)	F10.0
2	Z	16-25	発生させる y 座標	(1)	F10.0
3	CONC	26-35	発生させるパーティクルの初期濃度		F10.0

\*入力データ見本

```

FWPT↓
 4      0.0↓
        0.0      0.0      1.0↓
        0.0      0.5      1.0↓
        0.1      0.0      0.0↓
        0.1      0.5      0.0↓
 2      1.0↓
        0.0      0.0      1.0↓
        0.0      0.5      1.0↓
    
```

Appendix-IV 実行方法

MIG2DF を実行する場合は、コマンドプロンプトにおいて

mig2df ファイル名

と入力する。起動コマンド mig2df.bat の内容は以下の通りである。変数 DIR に MIG2DF のロードモジュールの存在するディレクトリーをセットする。

```
@echo off
set DIR= “mig2df.exe が格納されているフォルダの場所”
set MIGDATA=%1.MDATA
set MIGLIST=%1.MLIST
set MIGF007=%1.MF007
set MIGF008=%1.MF008
set MIGF009=%1.MF009
set MIGF025=%1.MF025
set MIGSALT=%1.MSALT (※初期塩分濃度データを使用する場合)
echo on
%DIR%\mig2df.exe
```

リスタート計算

リスタート計算（解析種別：2, 64, 74, 75）では、起動コマンドにおいて指定した解析結果ファイルを読み込み、これを初期値として計算が行われる。リスタート計算を行う際は、前計算における最終解析時刻を今計算の計算開始時刻に一致させる。上記の起動コマンドにおいて、リスタート計算で読み込まれるファイルを表IV.1 に示す。

表 IV.1 リスタート計算時に起動コマンドで読み込まれるファイル

リスタート計算	種別	読み込まれるファイル		
		構造ファイル (.MF007)	浸透流／塩分濃度 解析結果ファイル (.MF008)	核種移行解析 結果ファイル (.MF009)
非定常浸透流解析	2	○	○	
核種移行解析リスタート	64	○	○	○
塩分濃度解析リスタート	74	○	○	
非定常塩分濃度解析結果を使用した核種移行解析リスタート	75	○	○	○

## Appendix-V 粒子追跡解析コード PASS\_TRAC

PASS\_TRAC は、MIG2DF により得られた地下水水頭値分布を用いて地下水流路解析を行うコードである。これについて以下に示す。

## (1) 計算方法

PASS\_TRAC では、入力された出発地点からパーティクル・トラッキングを行い、粒子がモデル外に出るまでその経路を追跡する。計算方法を以下に示す。

- ① 出発地点が含まれる要素を見つける。
- ② その要素の物性値および構成節点座標、水頭値よりその地点における動水勾配を計算する。動水勾配の計算にはアイソパラメトリック形状関数を用い、要素内部座標（ $\xi$ 、 $\eta$ 、 $\zeta$ ）の算出はニュートンラプソン法を用いる。得られた動水勾配を用いて透水係数及び間隙率から実流速を計算する。
- ③ 実流速を用いて微小時間 $\Delta t$ における移動を計算する。この微小時間は、実流速および要素面積を使って次式により求める。

$$\Delta t = a \frac{\sqrt{s}}{|V|} \quad (1)$$

- $a$  : 係数（入力値、デフォルト：0.05）  
 $s$  : 要素面積  
 $V$  : 実流速ベクトル

移動量 $\Delta l$ は次式により求める。

$$\Delta l = \Delta t \cdot V \quad (2)$$

- ④ 新しい移動地点が求められたので、①へ戻り、以下同じ作業を繰り返す。移動地点の含まれる要素がなければ、粒子は解析モデルの外に出たと判断する。

計算手順を図V.1に示す。

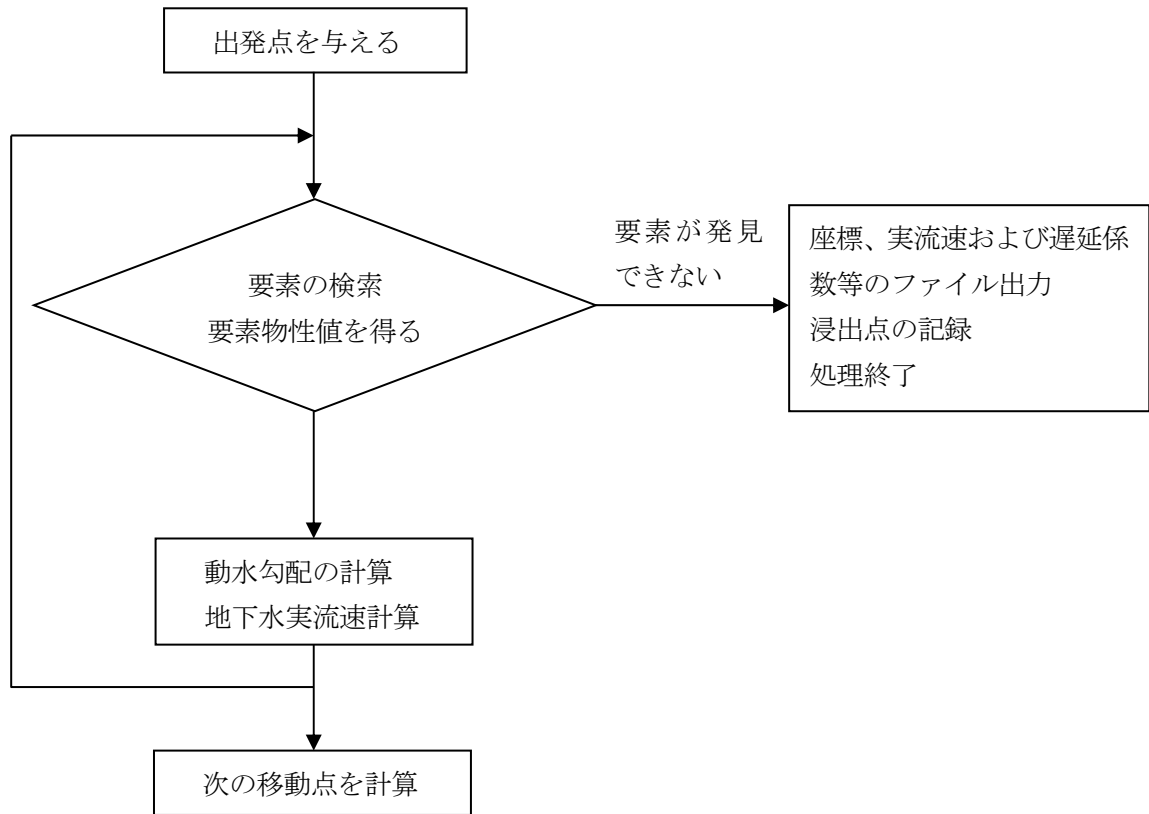


図 V.1 流路解析計算手順

(2) 入力データ

入力データカードの一覧を表V.1に示す。

表 V.1 入力データカード一覧

ヘッダー	内 容	入 力
TITL	タイトルカード	必須
CONT	コントロールカード	必須
POSI	出発地点カード	必須
DEBU	デバッグオプションカード	任意
****	コメントカード	任意

各データカードの入力方法を以下に示す。

V.1 タイトルカード

データ種別		タイトルカード			CAL-1
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-4	'TITL' と記入		A4
2	ITITL	11-74	タイトルを記入		16A4

V.2 コントロールカード

データ種別		コントロールカード			CAL-2
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-4	'CONT' と記入		A4
2	R1	11-20	微小時間係数		F10.0
3	R2	21-31	ニュートンラプソン法収束判定値。デフォルト値は 10-8		F10.0
4	I1	31-35	ニュートンラプソン法反復制限回数。デフォルト値は 10		I5
5	I2	36-40	浸透流解析コード指定 =0 の時 MIG2DF		I5
6	I3	41-45	要素流速オプション >0 の時 要素中心流速を使用する。		I5
7	I4	46-50	計算結果強制出力オプション >0 の時 粒子がモデルから抜け出せず計算が異常終了した場合でも、その時点までの粒子軌跡を結果リスト及び結果ファイルに出力する。		I5
8	I5	51-55	粒子軌跡追跡終了透水係数オプション >0 の時 粒子が透水係数番号 I5 の要素に達したら軌跡の追跡を終了する。0 の時は、粒子が計算モデルの外に出るまで追跡する。		I5
9	I6	56-60	経路圧縮オプション >0 の時 同一要素内を通る経路を圧縮して出力する。要素流速オプション>0 のときのみ有効。		I5
10	I7	61-65	追跡方向オプション =0 の時 始点を指定して、前進追跡を行う。 =1 の時 終点を指定して、後退追跡を行う。 =2 の時 中間点を指定して、前進追跡および後退追跡を行う。		I5
11	I8	71-80	許容粒子軌跡点数 粒子軌跡点数がこの値を超えると、エラーとなる。 デフォルト値は 100000 (SUB.COMSET の MEE(61)で定義)		I10

V.3 出発地点カード

データ種別		出発地点カード			CAL-3
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-4	'POSI' と記入		A4
2	X	11-20	出発地点の X 座標	(1)	F10.0
3	Y	21-30	出発地点の Y 座標	(1)	F10.0
4	T	41-50	粒子軌跡追跡開始時刻	(2)	F10.0
<p>・パーティクルトラッキングの出発地点を与える。複数枚入力可。</p> <p>(1) 粒子軌跡追跡の出発点の座標値。バックトラッキングの場合は、終着点の座標値。</p> <p>(2) 粒子軌跡追跡を開始する時刻。バックトラッキングの場合は、終着点における時刻。</p>					

V.4 デバッグカード

データ種別		出発地点カード			CAL-4
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-4	'DEBU' と記入		A4
2	IDBUG	11-30	デバッグライトオプション		20I1
<p>・デバッグライトオプションを入力する。通常は不要なデータである。</p>					

V.5 コメントカード

データ種別		出発地点カード			CAL-4
順番	入力変数名	入力位置	説明	注	入力FORMAT
1	JJ	1-4	'****' と記入		A4
<p>・任意のコメントを記入できる。</p>					

## (3) 実行方法

PASS\_TRAC を実行する場合は、コマンドプロンプトにおいて

```
pass_trac ファイル名
```

と入力する。総サイクル数およびサイクル番号は、MIG2DF で作成された結果ファイルから読み込まれる。

Windows®の起動コマンドの内容は以下の通りである。変数 DIR に PASS\_TRAC のロードモジュールの存在するディレクトリーをセットする。

```
echo off
setlocal
set PATH_TRC_DIR = “pass_trac.exe が格納されているフォルダの場所”
set TRCDATA=%1.TDATA
set TRCLIST=%1.TLIST
set TRCFILE=%1.TFILE
set MIGF007=%1.MF007
set MIGF008=%1.MF008
set MIGF025=%1.MF025
echo on
%PATH_TRC_DIR%pass_trac.exe
```

## Appendix-VI 解析用データセット作成コード PASS\_PRE

PASS\_PRE は、汎用有限要素法プリ・ポストプロセッサ FEMAP により作成された有限要素モデルを FEMAP NEUTRAL ファイルに出力し、そのファイルを MIG2DF の入力データに変換するプログラムである。

FEMAP は Windows®上で動作する有限要素法解析のモデル作成と解析結果の後処理を行うソフトウェアである。Windows®が動作するデスクトップ PC、ノート PC、PC ワークステーションで高い効果を発揮するよう設計されており、操作感や他のソフトウェアへの画面のカット&ペーストなど Windows®アプリケーションの仕様に準拠している。FEMAP での MIG2DF のモデルの作成例を図 VI.1 に示す。

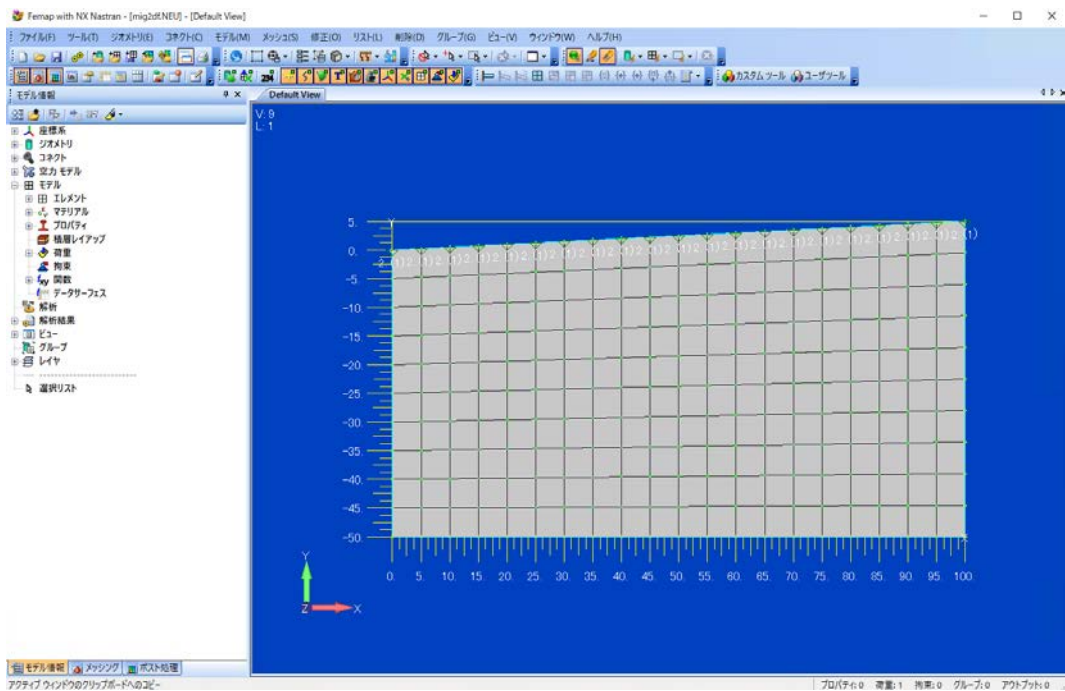


図 VI.1 FEMAP によるモデルの作成例 (左：メニュー、右：作成画面)

PASS\_PRE は、FORTRAN は Intel コンパイラー、C は Microsoft Visual Studio® 2005 で動作確認がされており、FEMAP は Ver. 11.0 までのバージョンに対応している。

以下に、FEMAP によるモデル作成および PASS\_PRE の実行方法を示す。

### (1) FEMAP によるモデル作成

#### 1. モデル作成時の前処理

作業の効率化のため、pass\_pre.neu を FEMAP で読み込むことをお勧めする。この pass\_pre.neu は、FEMAP により指定できる情報以外に MDATA に必要な情報（コントロールカード（デフォルト値）や基本的な物性値、境界条件で使用するテーブル等）があらかじめセットされた neutral ファイルである。pass\_pre.neu の内容は FEMAP のノート機能を用いて作成しており、含まれるデータカードは以下の通りである。



MIG2DF 用データ

- ① TITL : タイトル
- ② CONT : コントロール
- ③ SALT : 塩分濃度コントロール
- ④ UPPA : 上流パラメータ
- ⑤ WATE : 流体物性表示
- ⑥ POUT : 出力表示
- ⑦ PRINT : デバッグオプション
- ⑧ HOUT : 核種濃度時刻歴出力指示
- ⑨ TIMESEEP : 浸透流解析時刻データ
- ⑩ TIMENUCL : 核種濃度解析時刻データ
- ⑪ C.CO : 透水関数
- ⑫ TH-K :  $\theta$ -k 曲線
- ⑬ TH-K :  $\theta$ -k 曲線
- ⑭ VEL-K : v-k 曲線
- ⑮ NUCL : 核種第3物性

2. 要素データ

MIG2DF に対して使用できる要素は、以下のものである。

◆ モデル形状を構成する要素

- ① 3 節点シェル要素
- ② 4 節点シェル要素



◆ 境界条件設定のための線要素

- ① 解析境界設定要素 (CBAR)
- ② 水位線設定要素 (ROD)

### 3. 材料特性・要素特性データ作成

#### 3.1 モデル形状を構成する要素

要素を作成する前に、要素の物性値（透水係数・間隙率等）をマテリアルとして設定し、要素作成時に使用するプロパティを設定する。

[材料特性データ作成]

材料特性データは、シェル要素の場合 2 次元異方性材料（異方性 (2D)）で指定する（図 VI.2）。

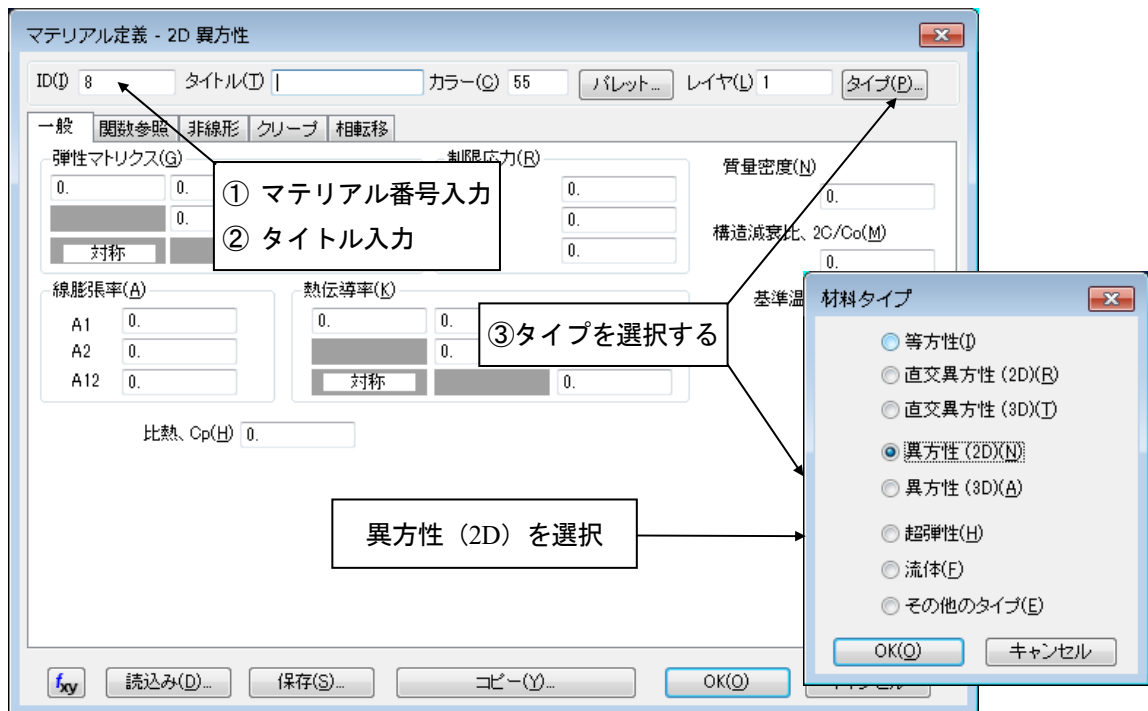


図 VI.2 マテリアル／材料タイプ設定画面  
(メニュー [モデル]/[マテリアル])

設定される物性値は表VI.1 に示す 12 種であり、対応する番号のテキストボックスに値を設定する (図VI.3)。

表 VI.1 マテリアルで設定される物性値

No.	物性データ	入力カード	変数名
①	透水係数 $K_{xx}$	COND	XX
②	透水係数 $K_{yy}$	COND	YY
④	透水係数 $K_{xy}$	COND	XY
⑦	間隙率	ISOE	R1
⑨	土の圧縮率	COND	CR
⑩	土粒子の真密度 $\rho_s$	SMAT	R1
⑪	分配係数 $K_d$	SMAT	R2
⑫	縦分散長 $\alpha_L$	MAT1	R1
⑬	横分散長 $\alpha_T$	MAT1	R2
⑭	分子拡散係数 $D_d$	MAT1	R3
⑮	屈曲率 $\tau$	MAT1	R4
⑯	遅延係数 R	MAT2	R1



図 VI.3 マテリアルの設定 (シェル要素)

[要素特性データ作成]

要素の特性（プロパティ）はマテリアルと1対1で作成する。要素作成の際にここで設定されたプロパティを選択することで、その要素の物性値が決まる。シェル要素の場合、エレメント／プロパティタイプはプレートを選択する（図 VI.4）。

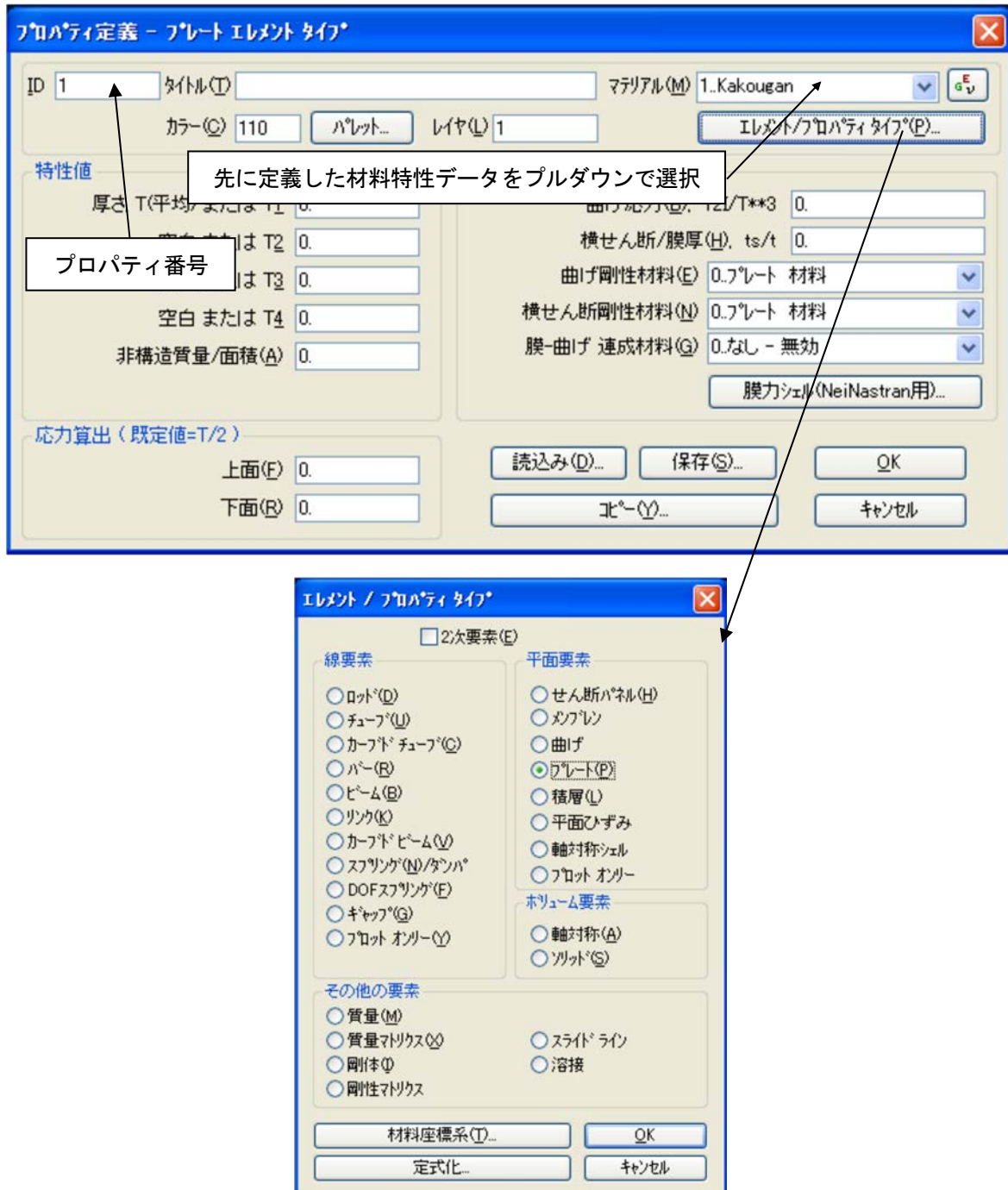


図 VI.4 プロパティの設定（シェル要素）  
（メニュー [モデル]/[プロパティ]）

### 3.2 境界条件設定のための線要素

線要素に対しても、シェル要素と同様の方法で材料特性・要素特性データを作成する。ただし、以下の点が異なる。

[材料特性データ作成]

線要素の場合、マテリアル定義／材料タイプにおいて、等方性材料を指定する（図 VI.5）。

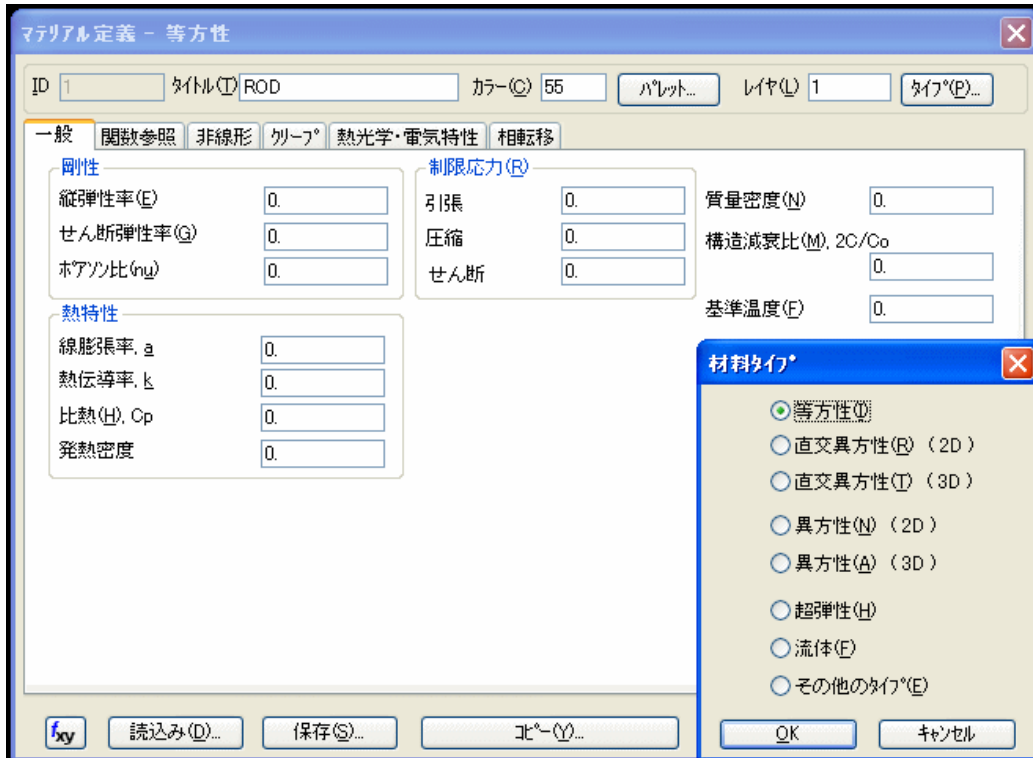


図 VI.5 マテリアルの設定（線要素）

[要素特性データ作成]

4 で後述するように、線要素で定義する境界条件として RAIN（降雨浸透条件）および LINE（ライン水位条件）の2種類がある。プロパティの設定において、RAIN はCBAR で、LINE はROD で定義する（図 VI.6）。

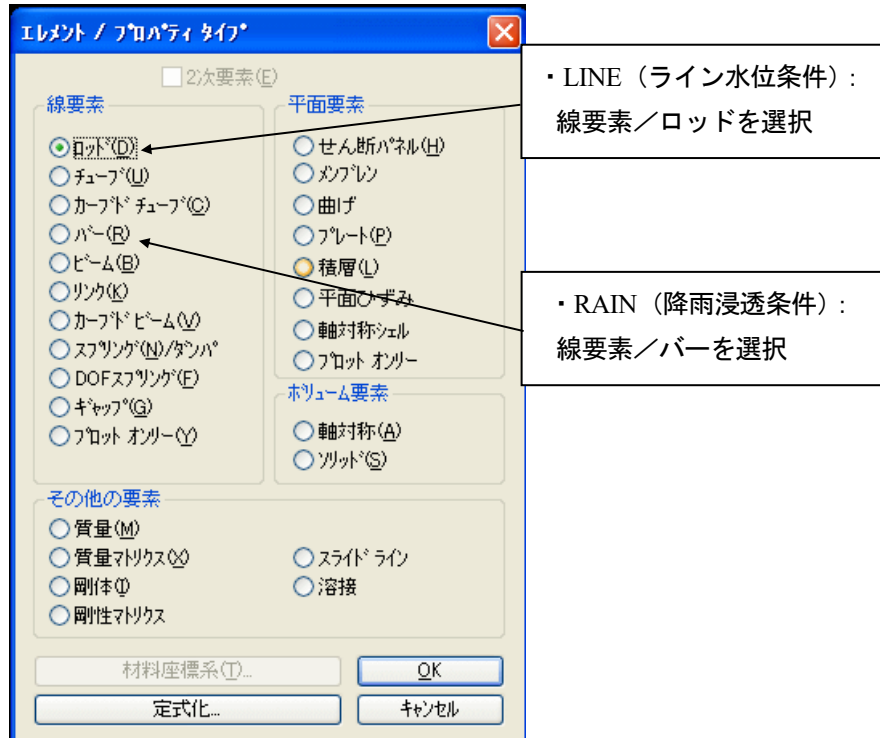


図 VI.6 プロパティの設定（線要素）  
（メニュー [モデル]/[プロパティ]）

#### 4. 境界条件

境界条件は温度荷重で設定し、設定する境界条件の値（関数）は関数の定義ダイアログを使用して設定する。これについて以下に示す。

##### 4.1 境界条件の値（関数）の設定

FEMAP のメニューから“モデル／関数”を選択し、タイトル（任意）を入力、タイプから「1..vs. 時間」を選択し、X 値（時間値なので昇順の数値）・Y 値（荷重値）を設定する（図 VI.7）。

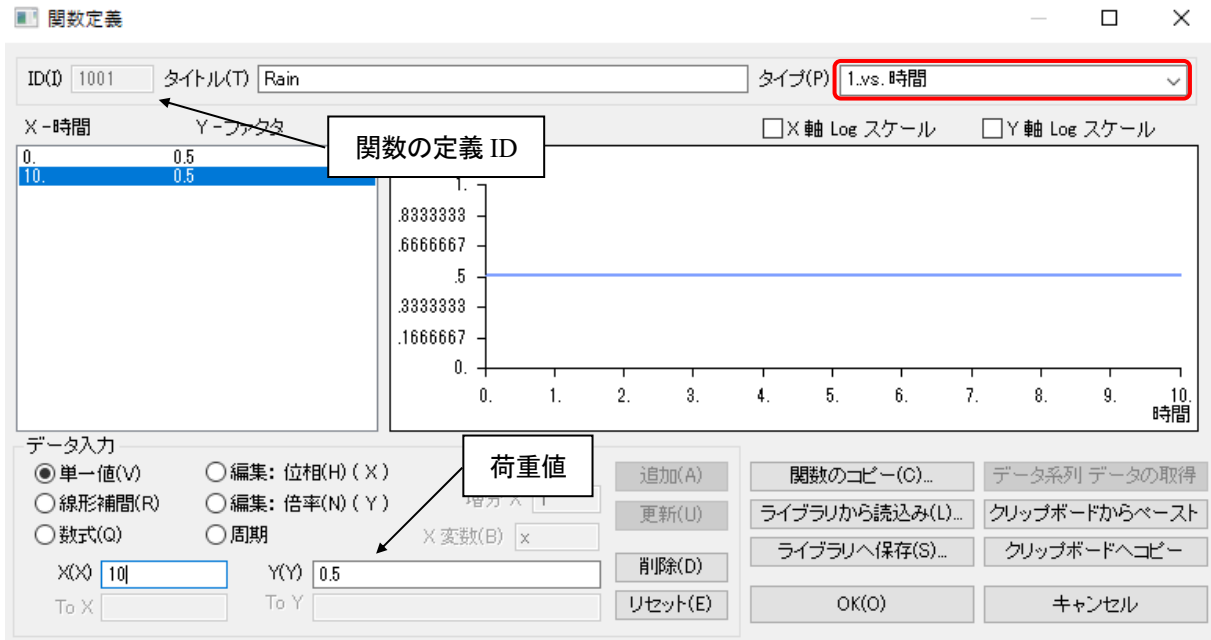


図 VI.7 境界条件の値（関数）の設定

境界条件によっては、関数の定義 ID で与えられる条件が変わる。これを表VI.2 に示す。

表 VI.2 境界条件に対する関数の定義 ID と与えられる条件

境界条件指定カード	関数の定義 ID	条件
HEAD (水位条件)	1~1,999	圧力水頭拘束
	2,000~2999	水位拘束
	3,000~	海水位拘束
HFUN (水位条件 (関数を用いた設定))	100,001~101,999	圧力水頭拘束
	102,000~102,999	水位拘束
	103,000~	海水位拘束
LINE (ライン水位条件)	1~2,999	水位拘束
	3,000~	海水位拘束
SCON (塩分濃度条件)	1~199,999	塩分濃度拘束
	200,000~	初期値の設定 (MSALT として出力)

#### 4.2 境界条件の設定 (節点)

節点に与える境界条件を表VI.3 に示す。

表 VI.3 節点に与える境界条件

境界条件指定フラグ	境界条件
1	流束場 ー湧水条件 (SOUR)
2	流束場 ー拘束条件 (HEAD、HFUN)
3	核種濃度場ー湧出条件 (NSETーCPRO)
4	核種濃度場ー拘束条件 (NSETーFCNC)
5	塩分濃度場ー生成率条件 (SPRO)
6	塩分濃度場ー拘束条件 (SCON)

FEMAP のメニューから“モデル/荷重/ノード”を選択し、ダイアログの“温度”のボックスに境界条件指定フラグ番号を指定し、4.1 で設定した関数を選択する (図 VI.8)。

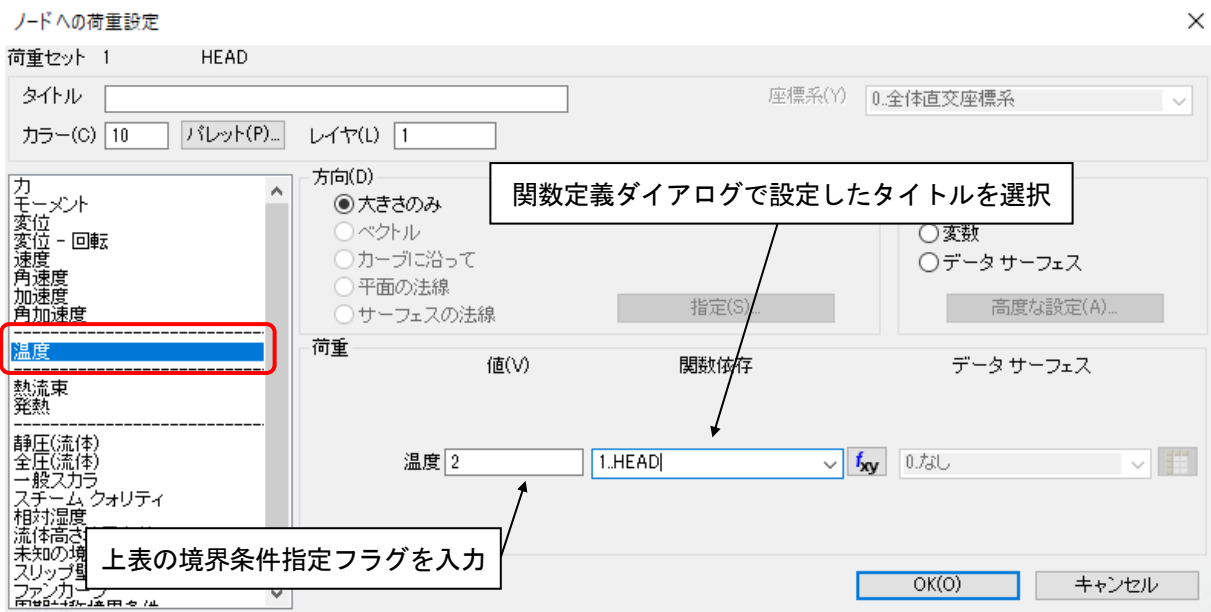


図 VI.8 節点の荷重設定ダイアログ



### 4.3 境界条件の設定（要素）

要素に与える境界条件を表VI.4に示す。1～3はモデル構成要素に、4～7、10は境界条件設定要素（CBAR要素）に設定されるものである。境界条件設定要素は必ずモデル境界面（表面）に作成しなければならない。要素に対する境界条件の設定例を図VI.9に示す。

表 VI.4 要素に与える境界条件

境界条件指定フラグ	設定する条件
1	流束場 — 湧水条件 (SOUR)
2	核種濃度場 — 生成率条件 (NSET-CPRO)
3	塩分濃度場 — 生成率条件 (SPRO)
4	流束場 — 降雨率条件 (RAIN)
5	流束場 — 法線流速率条件 (VELO)
6	核種濃度場 — 濃度 flux 条件 (NSET-FLUX)
7	塩分濃度場 — 塩分濃度 flux 条件 (SFLX)

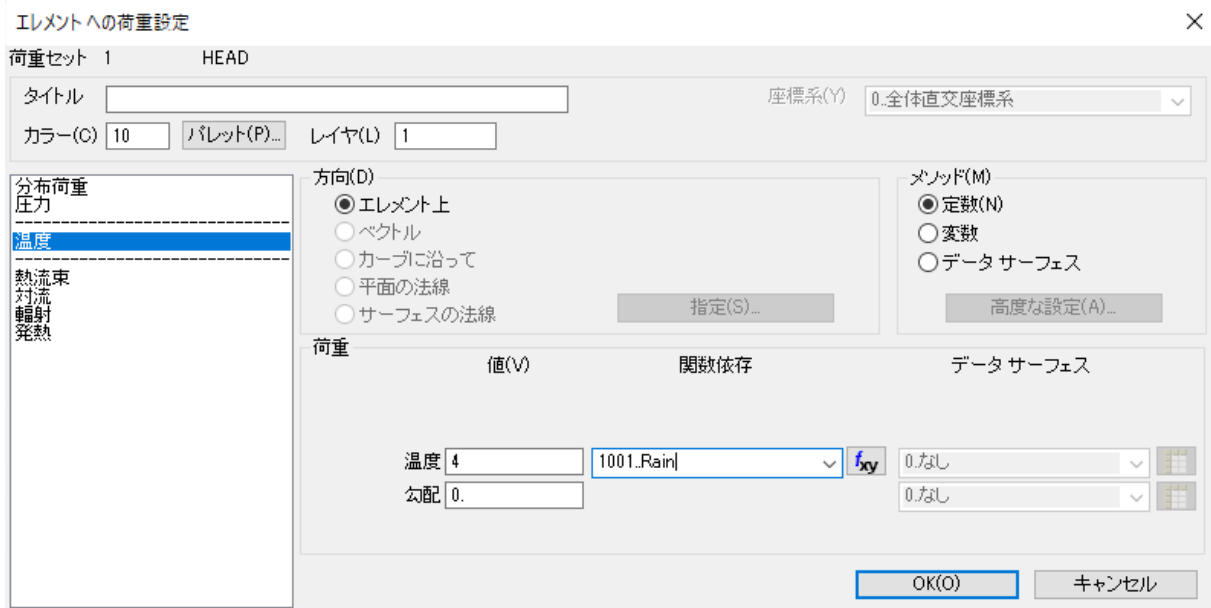


図 VI.9 要素の荷重設定ダイアログ

### 5. 作成したモデルの保存

“メニュー [ファイル]/[エクスポート]/[Femap ニュートラル]” で、ファイル（拡張子：.neu）を選択し、保存する。なお、ファイル形式のバージョンは11.0まで対応している。

## (2) 実行方法

PASS\_PRE の起動コマンド (pass\_pre.bat) を実行する際は、pass\_pre.bat 内の変数 DIR に PASS\_PRE をインストールしたフォルダーのパスを指定する。

PASS\_PRE の実行方法は以下の通りである。

```
pass_pre neu_file opt1 opt2 opt3 opt4 opt5 opt6
neu_file   : FEMAP NUETRAL FILE ファイル名 (拡張子を含む)
opt1      : 地下水流・核種移行解析入力データフォーマット
            0=旧バージョン互換フォーマット
            1=10 カラム固定フォーマット
            2=カンマ区切りのフリーフォーマット
            3=カンマ区切りのフリーフォーマットを圧縮
opt2      : メッシュ細分割オプション
            0=メッシュ細分割しない
            1=メッシュ細分割する
opt3, opt4, opt5, opt6 : 0
```

各引数を入力しなければ、プログラムは会話的に必要なデータを要求する。

出力ファイルは以下の通りである。

- ・ MDATA (MIG2DF のインプットファイル)
- ・ IDATA (地質統計モデル作成コード PASS\_INT のインプットファイル)<sup>7</sup>
- ・ MSALT (塩分濃度の初期値ファイル (指定した場合))

<sup>7</sup> MIG2DF の外部プログラムとして、地質統計モデル作成コード PASS\_INT がある。このコードは地質の不均質性を考慮した MIG2DF の入力データを作成するコードであり、原位置での測定データに基づく個々の要素の物性値の推定計算・深度依存性の考慮等を行うことができる。深度依存性については、MIG2DF 単体で考慮することが可能である (4 (3) を参照)。

## Appendix-VII ポスト表示コード PASS\_POST

PASS\_POST は、汎用可視化処理ソフト AVS/Express を用いて MIG2DF および PASS\_TRAC の解析結果を行うコードである。これについて以下に示す。

### (1) 操作方法

#### 1. 起動方法

起動コマンド (pass\_post.bat) を実行すると、ポスト処理用の AVS/Express が立ち上がり、ポスト処理が始まる。起動時の画面を図 VII.1 に示す。

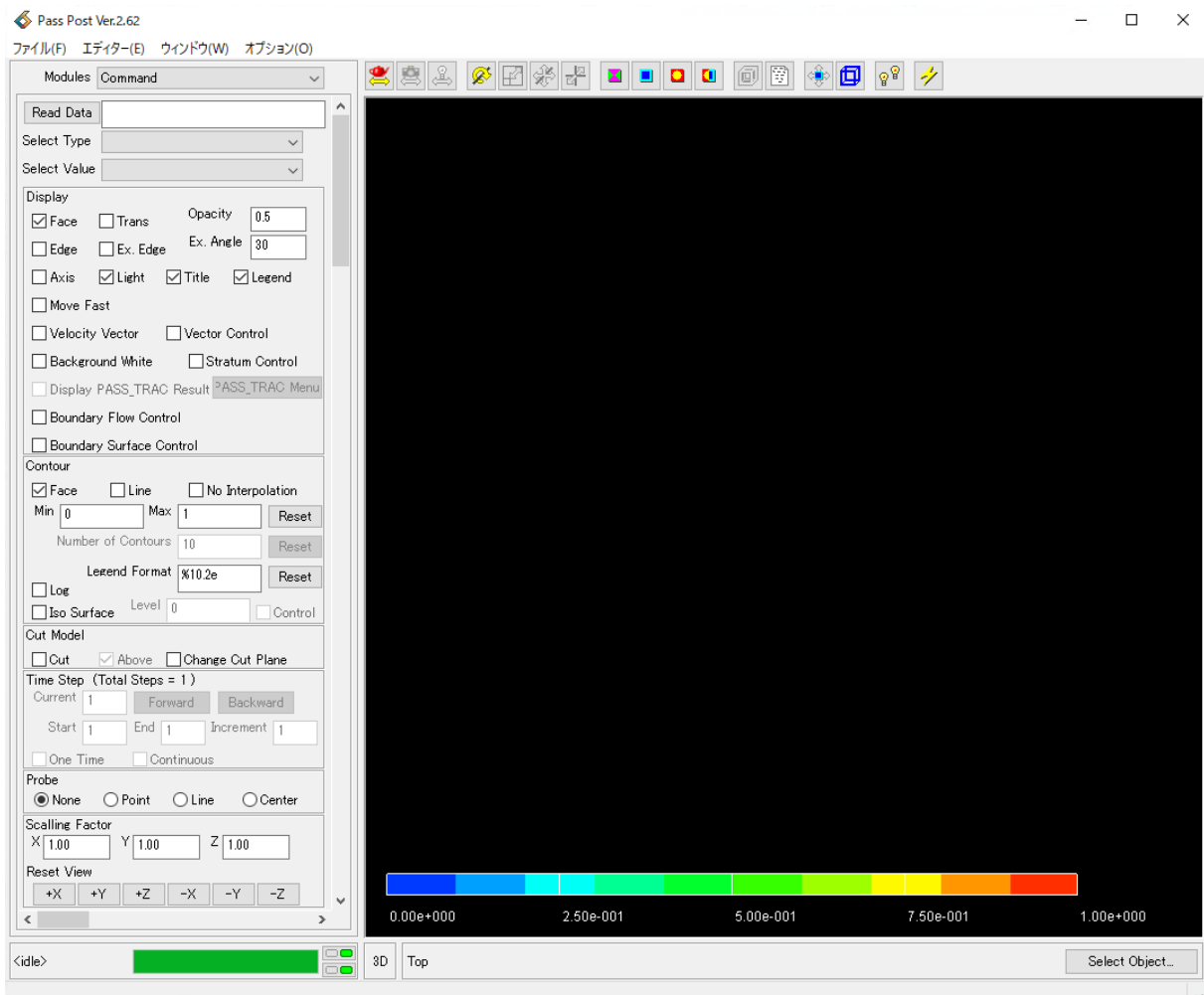


図 VII.1 起動時画面

## 2. 画面構成とマウス操作、キーボード入力操作

画面上の左側のコマンドが並んだ部分を“コマンドメニュー”、右側の解析結果が表示される部分を“表示画面”と呼ぶ（図 VII.2）。

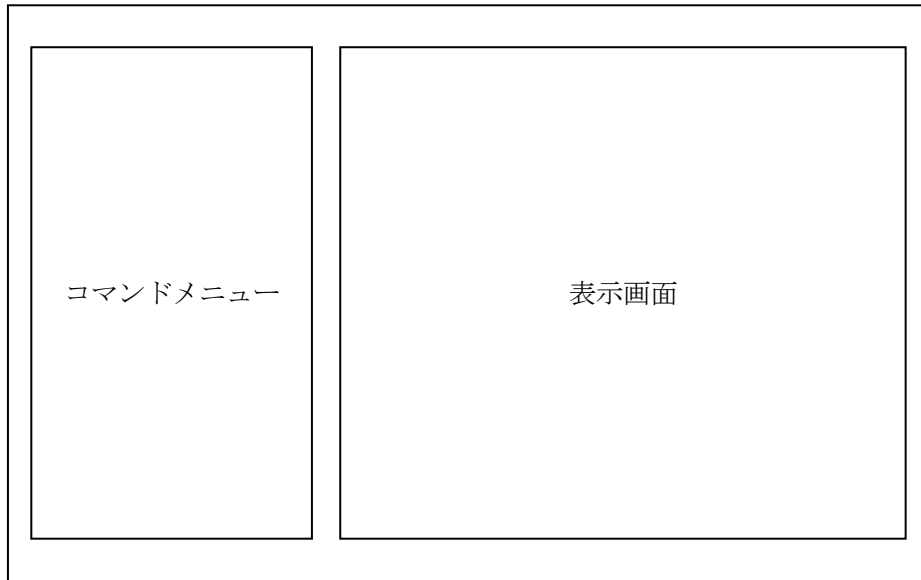


図 VII.2 画面構成

### ■ コマンドメニュー操作

- ・ コマンドメニュー内のボタンは、マウスの左ボタンクリックにより実行される。
- ・ コマンドメニュー内の数値等の入力欄は、マウスカーソルを該当する入力欄に合わせてからマウスの左クリックしフォーカスを合わせ、キーボードから値を入力する。入力終了後、必ず Enter キーを押す。

### ■ 表示画面操作

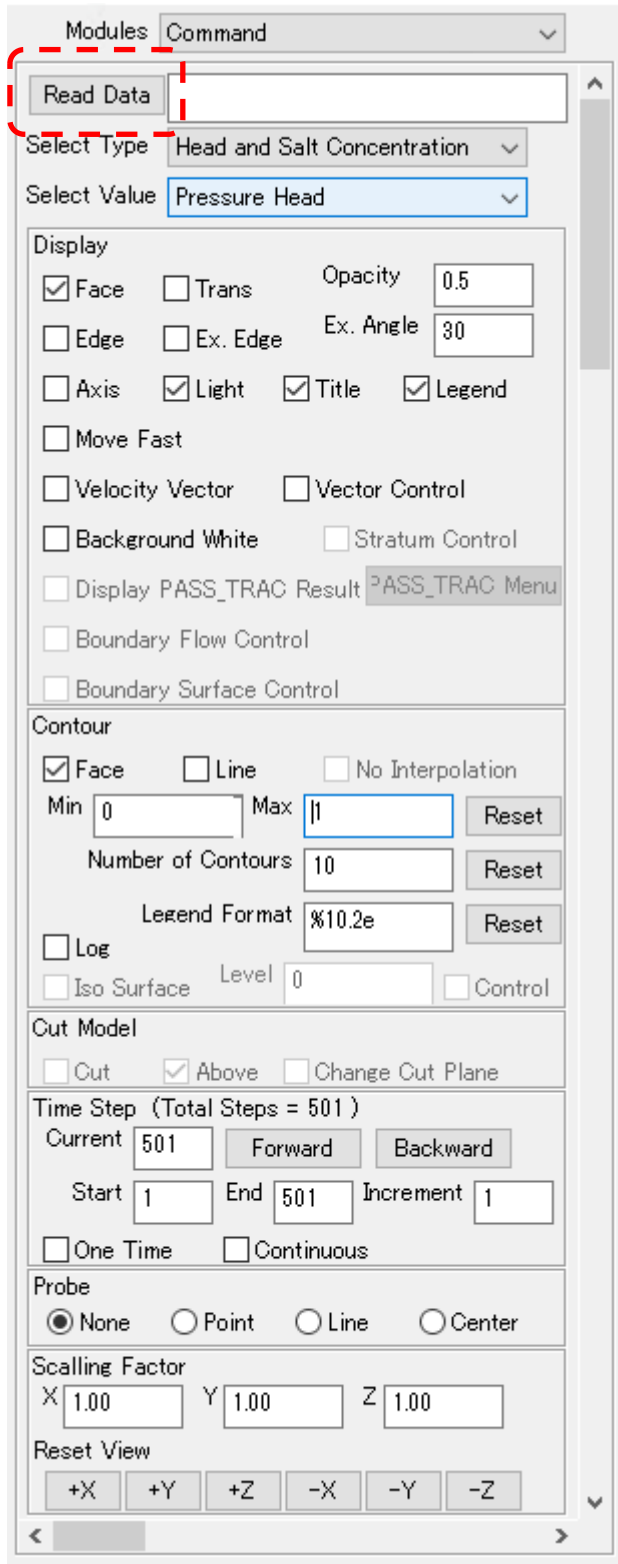
表示画面に表示されているモデルをマウス操作によって移動・回転する際は、マウスにより操作する。

- ・ モデルの回転 : マウスの左ボタン又は中ボタンで表示画面上をドラッグする。マウスの移動方向にモデルが回転する。
- ・ モデルの移動 : Cntl ボタン+マウス中ボタンで表示画面上をドラッグする。マウスの移動方向にモデルが移動する。
- ・ モデルの拡大・縮小 : Shift ボタン+マウス中ボタンで表示画面上をドラッグする。マウスを上向きに移動すると、モデルが拡大される。下向きに移動すると、モデルが縮小される。

### 3. MIG2DF の解析結果表示

#### ①データ入力

MIG2DF の解析結果ファイルを読み込む。



コマンドメニュー上部の“Read Data” ボタンをクリックする。図 VII.3 に示すデータ入力ダイアログが表示される。

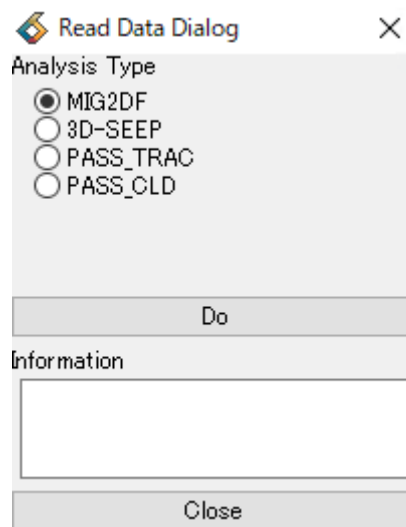


図 VII.3 データ入力ダイアログ

“Analysis Type” で MIG2DF を選択する。  
 “Do” ボタンをクリックすると、ファイルダイアログが表示されるので、表示したい解析結果ファイルを選択すると解析結果が読み込まれる。  
 “Information” 欄には、解析結果読み込み時にエラーが起きた場合のエラーメッセージが表示される。エラーが起きなかった場合は、データ入力ダイアログは自動的にクローズされ、解析結果が表示される。

図 VII.4 に MIG2DF の解析結果表示例を示す。

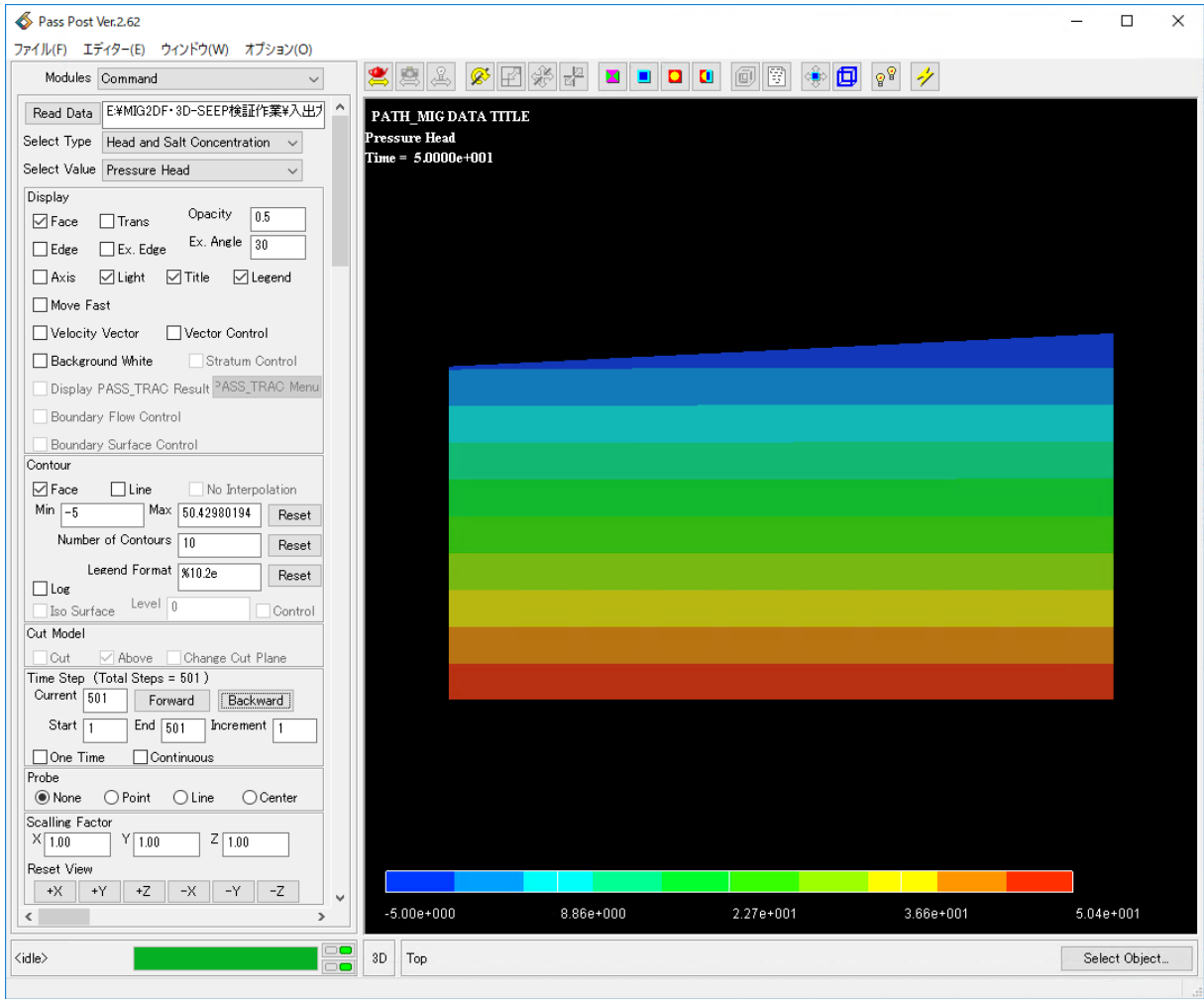
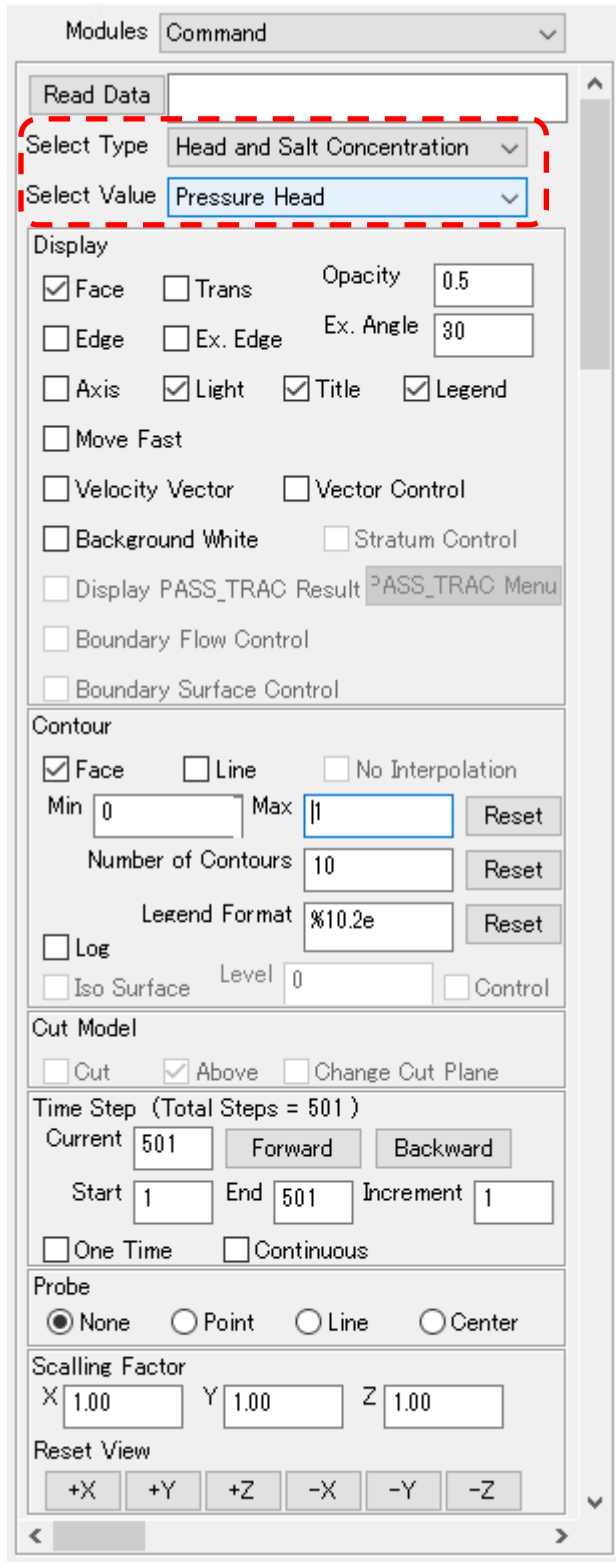


図 VII.4 MIG2DF の解析結果表示例

②表示解析結果選択

表示する解析結果を選択する。



・”Select Type”

表示する解析結果タイプを以下から選択する。

- ① “Head and Salt Concentration”
- ② “Nuclide Concentration”

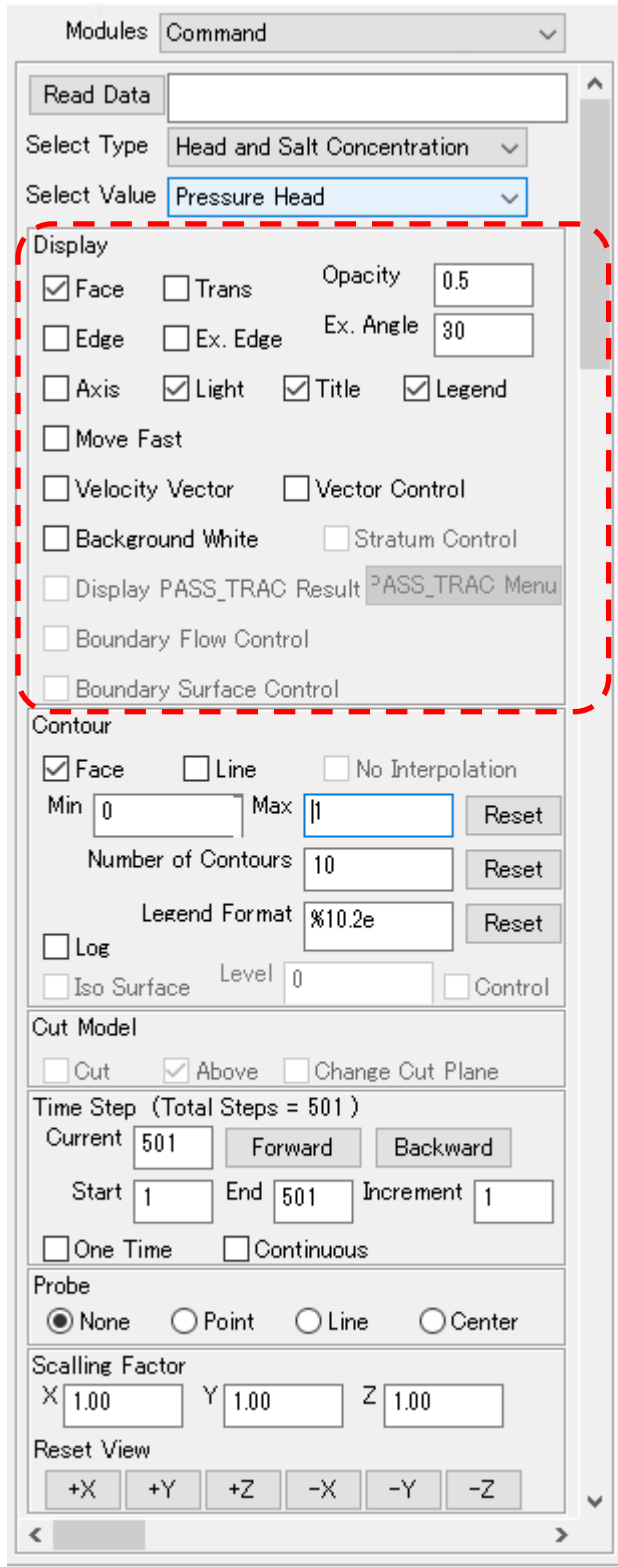
・ “Select Value”

表示する解析結果を選択する。解析結果タイプに応じて以下の解析結果が表示できる。

- ① “Head and Salt Concentration”
  - Pressure Head (圧力水頭)
  - Total Head (全水頭)
  - Salt Concentration (規格化された塩分濃度)
  - Density of Salt Water (水の密度)
  - Velocity-X, Velocity-Y, Velocity-Z (速度)
  - Speed (速さ)
  - Conductivity Kxx, Kxy, Kyy (透水係数)
  - Porosity (間隙率)
  - Function No. (Function の番号)
  - Element Area
  - Change Rate (Conductivity Kxx, Kxy, Kyy, Porosity, Function No., Element Area の変化率)
- ② “Nuclide Concentration”
  - Nuclide 1~n (核種移行計算で計算した核種数)

③表示コントロール

面表示の on/off、ベクトル表示の on/off 等の表示コントロールを設定する。



- “Face”  
面の表示・非表示を切り替える。
- “Trans”  
面の半透明・非透明を切り替える。
- “Opacity”  
面の透明度を入力する。
- “Edge”  
要素の辺の表示・非表示を切り替える。
- “Ex. Edge”  
モデルの外辺の表示・非表示を切り替える。隣り合う要素との角度が下記の Ex.Angle 以上ある場合に外辺と判断している。
- “Ex. Angle”  
モデルの外辺の判定用角度。
- “Axis”  
座標軸の表示・非表示を切り替える。
- “Light”  
ライトのオン・オフ。2次元モデルの場合は、ライトをオンにすると色が暗くなる。
- “Title”  
タイトルラベルの表示・非表示を切り替える。
- “Legend”  
コンター表示の凡例の表示・非表示を切り替える。



- “Move Fast”  
モデルの移動・回転時にモデルの外枠のみの表示を行い、モデル自体の表示は移動・回転処理終了後に行うオプション。モデルが大きくて表示に時間が課買う場合や、3次元グラフィックスに対応していないマシンの場合に使用する。
- “Velocity Vector”  
流速ベクターの表示・非表示を切り替える。“Select Type”で“Head and Salt Concentration”を選択した時のみ有効。
- “Vector Control”  
ベクター表示のコントロールダイアログの表示・非表示を切り替える。
- “Background White”  
表示画面の背景を白にするオプション。
- “Display PASS\_TRAC Result”  
地下水流路解析コード (PASS\_TRAC) の解析結果を重ね合わせ表示する。既に PASS\_TRAC の解析結果ファイルを読み込んでいる場合に有効。
- “PASS\_TRAC Menu”  
地下水流路解析コード (PASS\_TRAC) のコマンドメニューを表示する。既に PASS\_TRAC の解析結果ファイルを読み込んでおり、かつ “Display PASS\_TRAC Result” が on の時に有効。

■ 流速ベクター表示コントロール

流速ベクター表示のコントロールを行う。

“Vector Control” を on にすると、図 VII.5 の流速ベクター表示コントロールが表示される。

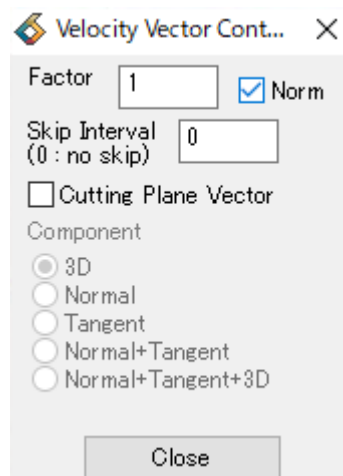


図 VII.5 流速ベクター表示コントロール

- “Factor”

流速ベクトルの大きさを変える。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

- “Norm”

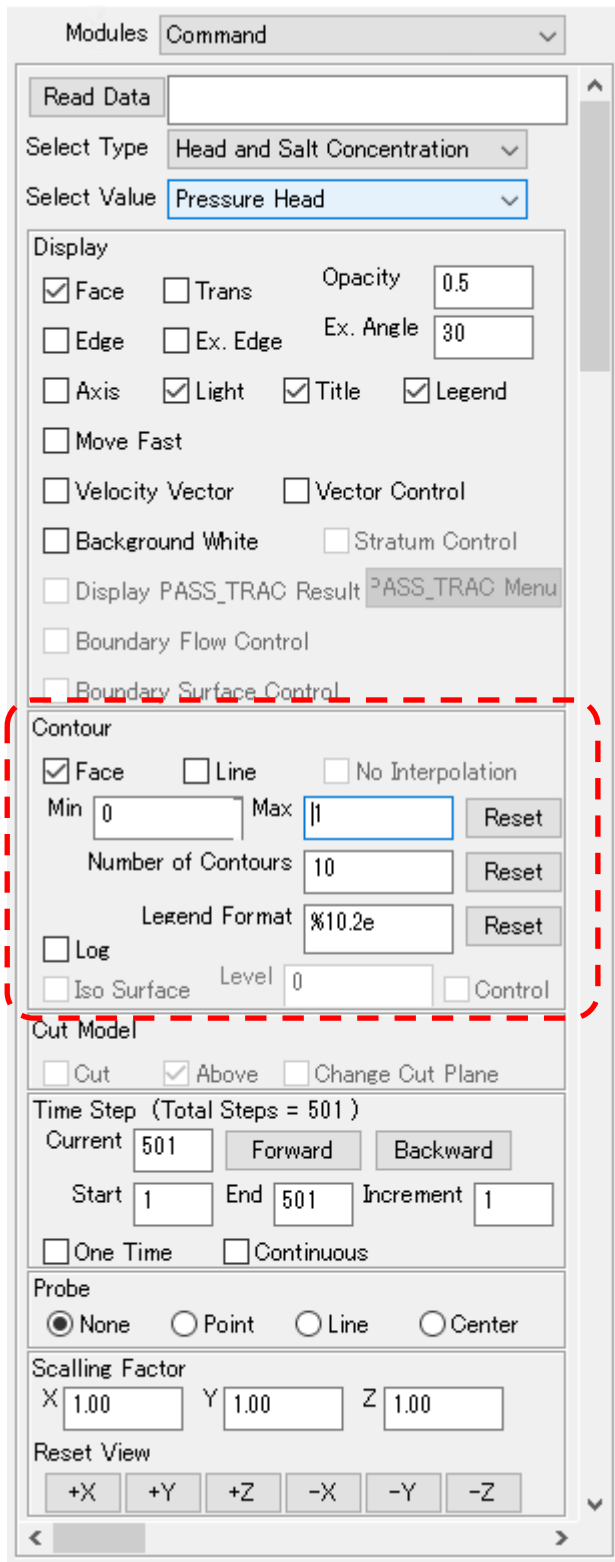
流速ベクトルの大きさを流速の大きさに係わりなく全て同じにするオプション。

- “Skip Interval”

流速ベクトルは各要素の中心位置に表示されが、要素数が多い場合にはベクトルが重なり合い見にくくなってしまふ。Skip Interval は、表示する流速ベクトルを間引きするため使用する。入力された個数毎に流速ベクトルを表示する。Skip Interval=10 なら、要素 10 個毎に 1 本の流速ベクトルが表示される。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

④コンター表示コントロール

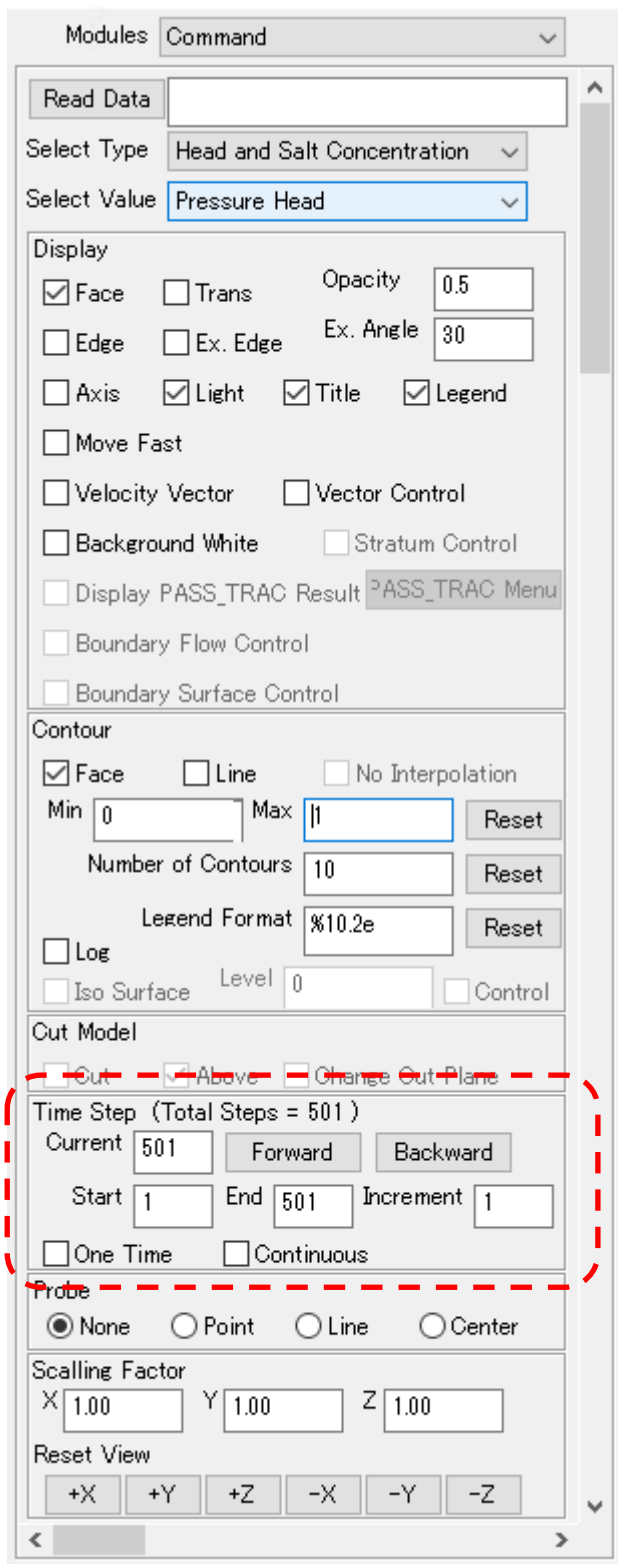
コンター表示の設定を行う。



- “Face”  
面のコンターの表示・非表示を切り替える。
- “Line”  
ラインコンターの表示・非表示を切り替える。
- “No Interpolation”  
流速や、物性値のように要素の値を表示している場合、補間表示のオン・オフを行う。
- “Min”  
コンターの下限值を変更する。デフォルトでは表示可能な全ステップ中の最小値が設定されている。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Max”  
コンターの上限值を変更する。デフォルトでは表示可能な全ステップ中の最大値が設定されている。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Reset”  
“Min”、“Max” 値をデフォルト値に戻す。
- “Number of Contours”  
コンターの分割数を変更する。デフォルトは 10 分割。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Reset”  
表示値をデフォルトに戻す。
- “Log”  
常用対数で表示する。
- “Legend Format”  
コンターの凡例の数値表示のフォーマットを変更する。フォーマットは C 言語の書式指定子に対応している。デフォルトは %10.2e。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

⑤アニメーションコントロール

解析時刻ステップの変更、アニメーション表示のコントロールを設定する。

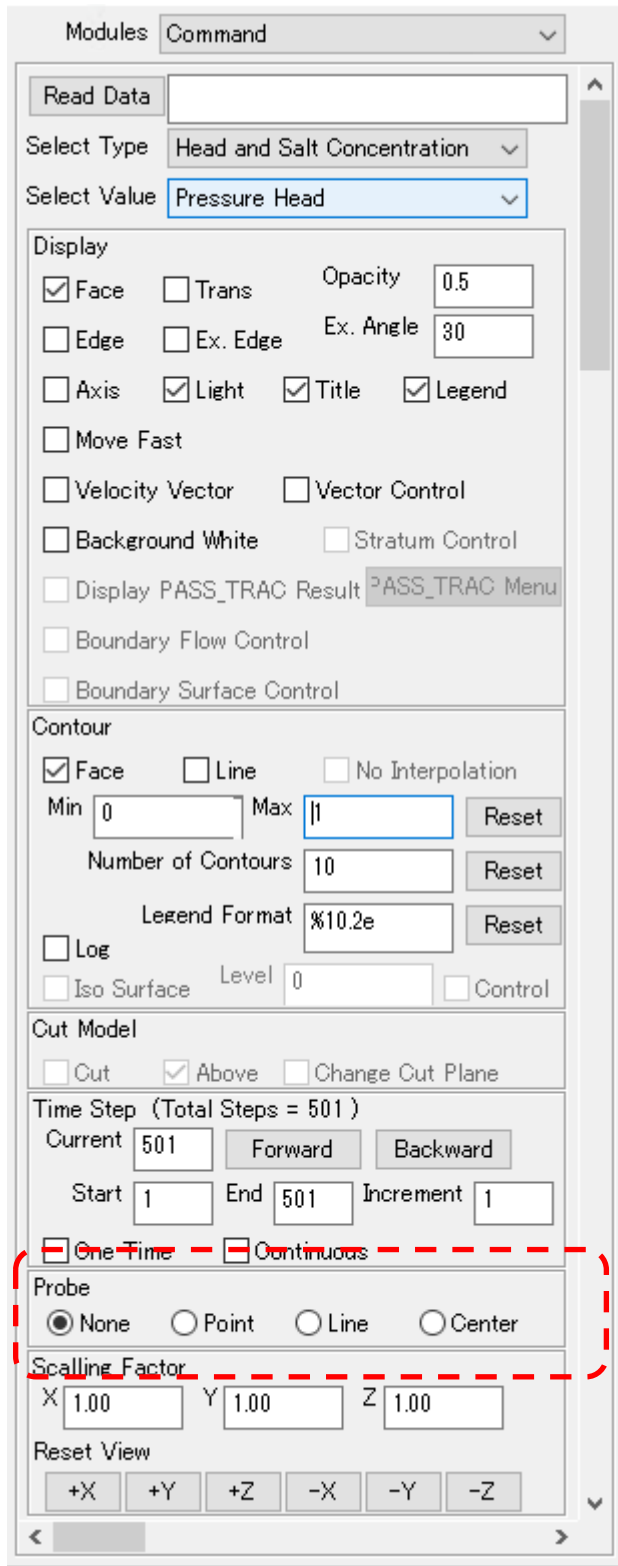


- “Current”  
現在表示されている解析時刻ステップを変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Forward”  
現在表示されている解析時刻ステップを 1 ステップ進める。
- “Backward”  
現在表示されている解析時刻ステップを 1 ステップ戻す。
- “Start”  
アニメーション表示の開始解析時刻ステップを変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “End”  
アニメーション表示の終了解析時刻ステップを変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Increment”  
アニメーション表示の表示解析時刻ステップ増分を変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “One Time”  
アニメーション表示を “Start” から “End” まで “Increment” 増分間隔で 1 スルー行う。
- “Continuous”  
アニメーション表示を “Start” から “End” まで “Increment” 増分間隔で繰り返し行う。終了するときは、チェックをはずす。

⑥Probe・Profile機能

Probe機能は、モデル上から節点や要素を選択して、その節点や要素の番号・解析結果を表示する機能である。

Profile機能は、モデル上に任意の線分を定義し、その線分上の計算値を取り出す機能である。



- “None”  
通常の設定。
- “Point”  
Probe機能を実行する。Probe機能をコントロールする Probe Point ダイアログが表示される。
- “Line”  
Profile機能を実行する。Profile機能をコントロールする Probe Line ダイアログが表示される。
- “Center”  
モデルの回転中心、拡大・縮小中心を変更する。モデル上で Ctrl ボタン+マウス左ボタンクリックする。

## ■ Probe 機能

Probe 機能は、表示されている画面上から節点や要素を選択して、その節点や要素の番号・解析結果を表示するための機能である。対応するものが節点か要素かは、表示されている解析結果が節点の値か要素の値かによって切り替えられている。

“Point” を選択すると、Probe Point ダイアログが表示される (図 VII.6)。

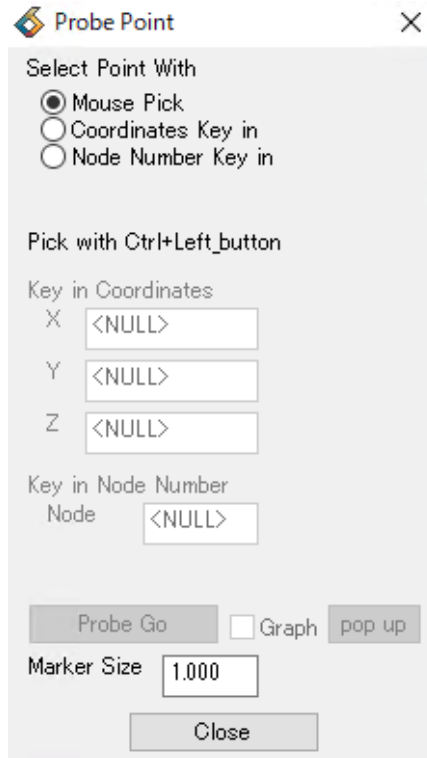


図 VII.6 Probe Point ダイアログ

### • “Select Point Width”

Probe する位置の入力方法の選択。

“Mouse Pick” : モデル上で Ctrl ボタン+マウス左ボタンクリック

“Coordinates Key in” : “X”、“Y”、“Z” 欄に座標値をキーイン

“Node Number Key in” : “Node” 欄に節点番号をキーイン (コンター表示されている計算結果が流速等の要素計算結果の場合は要素番号)

### • “Probe Go”

指定された位置近辺の節点または要素を見つけて、計算結果を読み込む。見つかった節点あるいは要素の番号、座標値および計算結果は、表示画面上に表示される。

### • “Graph”

見つかった節点あるいは要素の計算結果の時刻歴のグラフを表示する。

### • “pop up”

時刻歴グラフがメインウィンドウに隠れている時にグラフを表に出す。

- “Marker Size”  
 マーカー（球）の大きさを変える。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Close”  
 ダイアログを閉じて Probe を終了する。

時刻歴グラフの出力例を図 VII.7 に示す。

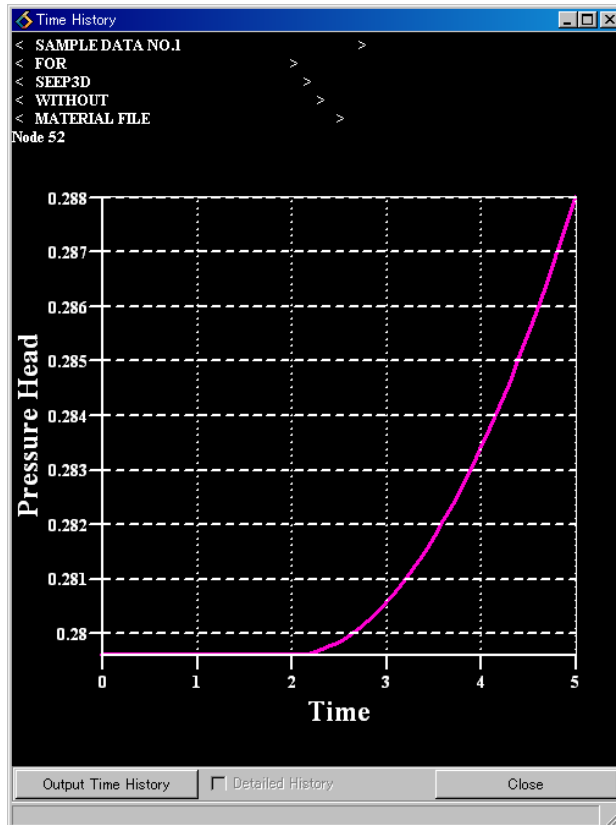


図 VII.7 時刻歴グラフ

- “Output Time History”  
 時刻歴グラフをファイルに csv 形式で出力する。ファイルダイアログが表示されるので、任意の名前を付けてファイルをセーブする。
- “Detailed History”  
 3D-SEEP の計算結果ファイルに詳細時刻歴ファイル (.SF024 および.SF025) があり、選択された節点や要素の詳細時刻歴が書き込まれている場合は、詳細時刻歴を表示する。
- “Close”  
 時刻歴グラフを閉じる。

■ Profile 機能

Profile 機能は、モデル上に任意の線分を定義し、その線分上の計算値を取り出す機能である。定義された線分を、入力された距離で等間隔に分割し、その分割点を取り出し位置とする。線分上に定義した計算値取り出し位置は、節点とは位置が一致しない。このため、取り出し位置における値は、まわりの節点から内挿して補間する。線分上の計算値取り出し位置の値を線分上の位置を横軸、計算値を縦軸にとりグラフ表示する。グラフは非定常計算の表示時には、アニメーション表示可能である。また、テキストファイルに出力する機能を有する。

“Line” を選択すると、Probe Line ダイアログが表示される (図 VII.8)。

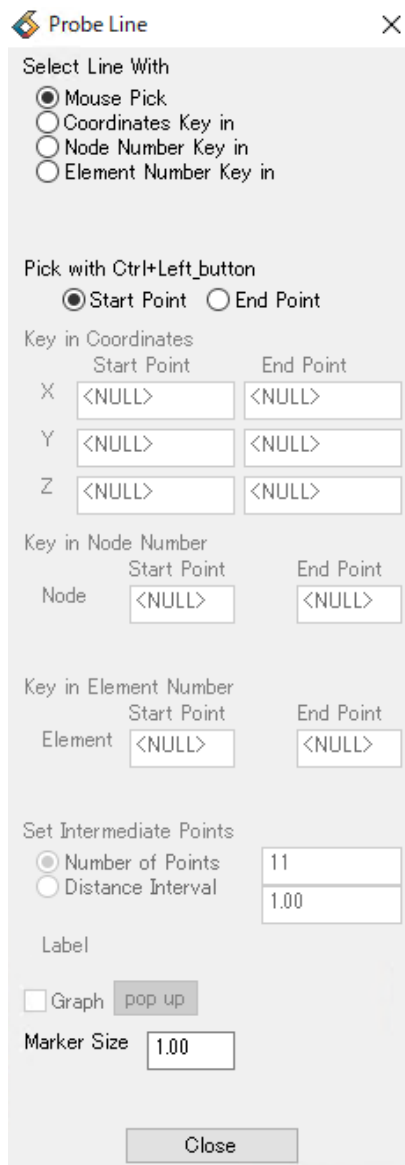


図 VII.8 Probe Line ダイアログ

・“Select Line Width”

Profile する線分位置の入力方法の選択。

“Mouse Pick” : モデル上で Ctrl ボタン+マウス左ボタンクリック



始点を入力する時は、“Start Point” を on、終点を入力する時は  
“End Point” を on にする。

“Coordinates Key in” : “X”、“Y”、“Z” 欄に座標値をキーイン

始点を入力する時は “Start Point” 下の “X”、“Y”、“Z” 欄、終  
点を入力する時は “End Point” 下の “X”、“Y”、“Z” 欄に座標値  
を入力する。(入力時、必ず Enter キーを押す。)

“Node Number Key in” : “Node” 欄に節点番号をキーイン

始点を入力する時は “Start Point” 下の “Node” 欄、終点を入力  
する時は “End Point” 下の “Node” 欄に節点番号を入力する。  
(入力時、必ず Enter キーを押す。)

“Node Number Key in” : “Element” 欄に節点番号をキーイン

始点を入力する時は “Start Point” 下の “Element” 欄、終点を  
入力する時は “End Point” 下の “Element” 欄に要素番号を入  
力する。(入力時、必ず Enter キーを押す。)

- “Set Intermediate Points”

線分上の中間点の作成。始点と終点の間に等間隔に計算結果の取り出しを行う分割点を作成す  
る。(最大点数：1000)

“Number of Points” : 分割点の数 (始点と終点を含む) を指定する。キーイン後に必ず Enter  
キーを押す。

“Distance Interval” : 間隔を指定する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

- “Graph”

線分上の Profile のグラフを表示する。

- “pop up”

Profile グラフがメインウィンドウに隠れている時にグラフを表に出す。

- “Marker Size”

マーカー (球) の大きさを変える。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

- “Close”

ダイアログを閉じて Profile を終了する。

Profile グラフの出力例を図 VII.9 に示す。



図 VII.9 Profile グラフ

- “Vertical Axis”  
グラフの縦軸の調整を行う。
  - “Min” : 縦軸の最小値を変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
  - “Max” : 縦軸の最大値を変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
  - “Reset” : 最小値、最大値をデフォルト値に戻す。
  
- “Current”  
現在表示されている解析時刻ステップを変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
  
- “Forward”  
現在表示されている解析時刻ステップを 1 ステップ進める。
  
- “Backward”  
現在表示されている解析時刻ステップを 1 ステップ戻す。
  
- “Start”  
アニメーション表示の開始解析時刻ステップを変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
  
- “End”  
アニメーション表示の終了解析時刻ステップを変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
  
- “Increment”  
アニメーション表示の表示解析時刻ステップ増分を変更する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
  
- “One Time”  
アニメーション表示を “Start” から “End” まで “Increment” 増分間隔で 1 スルー行う。
  
- “Continuous”  
アニメーション表示を “Start” から “End” まで “Increment” 増分間隔で繰り返し行う。終了するときは、チェックをはずす。
  
- “Output Profile”  
Profile グラフをファイルに csv 形式で出力する。ファイルダイアログが表示されるので、任意の名前を付けてファイルをセーブする。
  
- “Close”  
時刻歴グラフを閉じる。

⑦表示スケーリング

モデルの表示を X、Y、Z 方向それぞれにスケーリングする。

The screenshot shows a software control panel with several sections:

- Modules:** Command
- Read Data:** [Empty field]
- Select Type:** Head and Salt Concentration
- Select Value:** Pressure Head
- Display:**
  - Face,  Trans, Opacity: 0.5
  - Edge,  Ex. Edge, Ex. Angle: 30
  - Axis,  Light,  Title,  Legend
  - Move Fast
  - Velocity Vector,  Vector Control
  - Background White,  Stratum Control
  - Display PASS\_TRAC Result (PASS\_TRAC Menu)
  - Boundary Flow Control
  - Boundary Surface Control
- Contour:**
  - Face,  Line,  No Interpolation
  - Min: 0, Max: |1|, Reset
  - Number of Contours: 10, Reset
  - Legend Format: %10.2e, Reset
  - Log
  - Iso Surface, Level: 0,  Control
- Cut Model:**
  - Cut,  Above,  Change Cut Plane
- Time Step (Total Steps = 501):**
  - Current: 501, Forward, Backward
  - Start: 1, End: 501, Increment: 1
  - One Time,  Continuous
- Probe:**
  - None,  Point,  Line,  Center
- Scaling Factor (highlighted with a red dashed box):**
  - X: 1.00, Y: 1.00, Z: 1.00
- Reset View:**
  - +X, +Y, +Z, -X, -Y, -Z

• “X”

X 方向のスケーリングファクターを入力する。  
キーイン後に必ず Enter キーを押す。

• “Y”

Y 方向のスケーリングファクターを入力する。  
キーイン後に必ず Enter キーを押す。

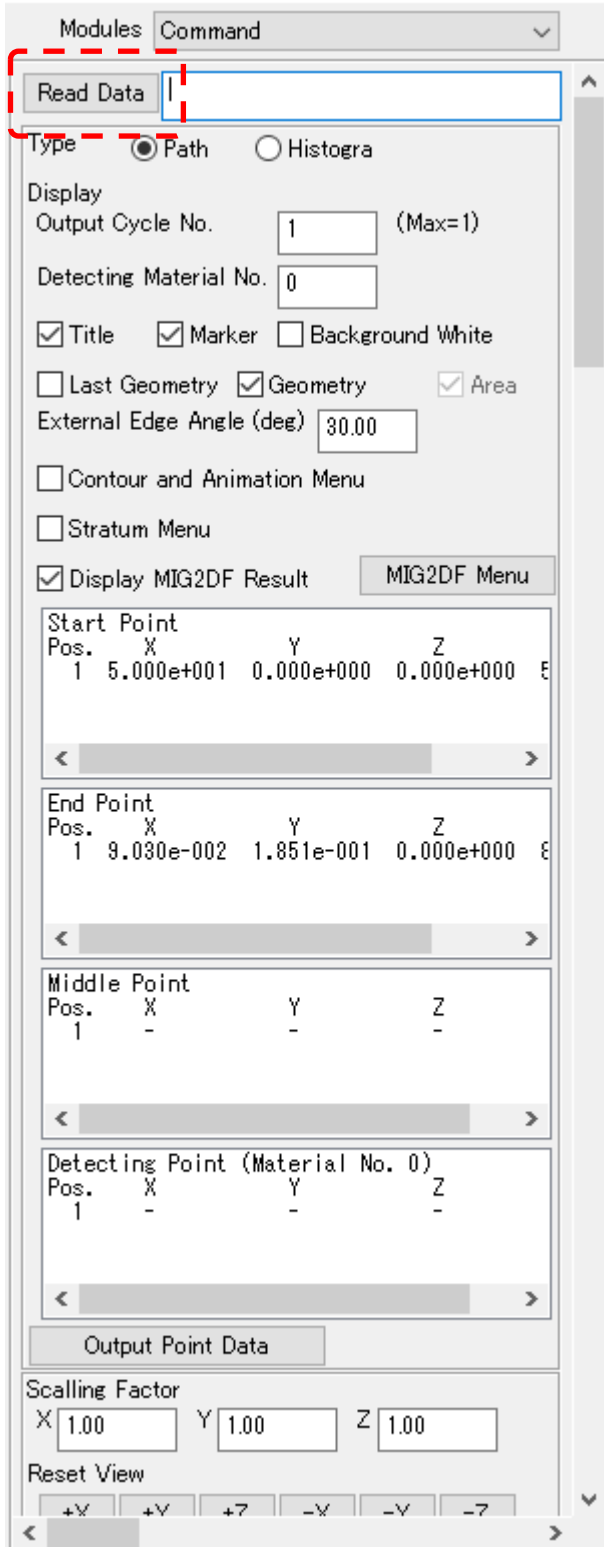
• “Z”

Z 方向のスケーリングファクターを入力する。  
キーイン後に必ず Enter キーを押す。

#### 4. PASS\_TRAC の解析結果表示

##### ①データ入力

地下水流路解析コード (PASS\_TRAC) の解析結果ファイルを読み込む。



コマンドメニュー上部の“Read Data” ボタンをクリックする。図 VII.10 に示すデータ入力ダイアログが表示される。

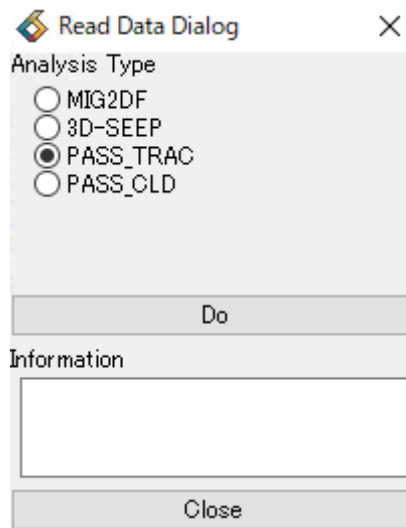


図 VII.10 データ入力ダイアログ

“Analysis Type” で PASS\_TRAC を選択する。

“Do” ボタンをクリックすると、ファイルダイアログが表示されるので、表示したい解析結果ファイルを選択すると解析結果が読み込まれる。

“Information” 欄には、解析結果読み込み時にエラーが起きた場合のエラーメッセージが表示される。エラーが起きなかった場合は、データ入力ダイアログは自動的にクローズされ、解析結果が表示される。

図 VII.11 に PASS\_TRAC 解析結果表示例を示す。

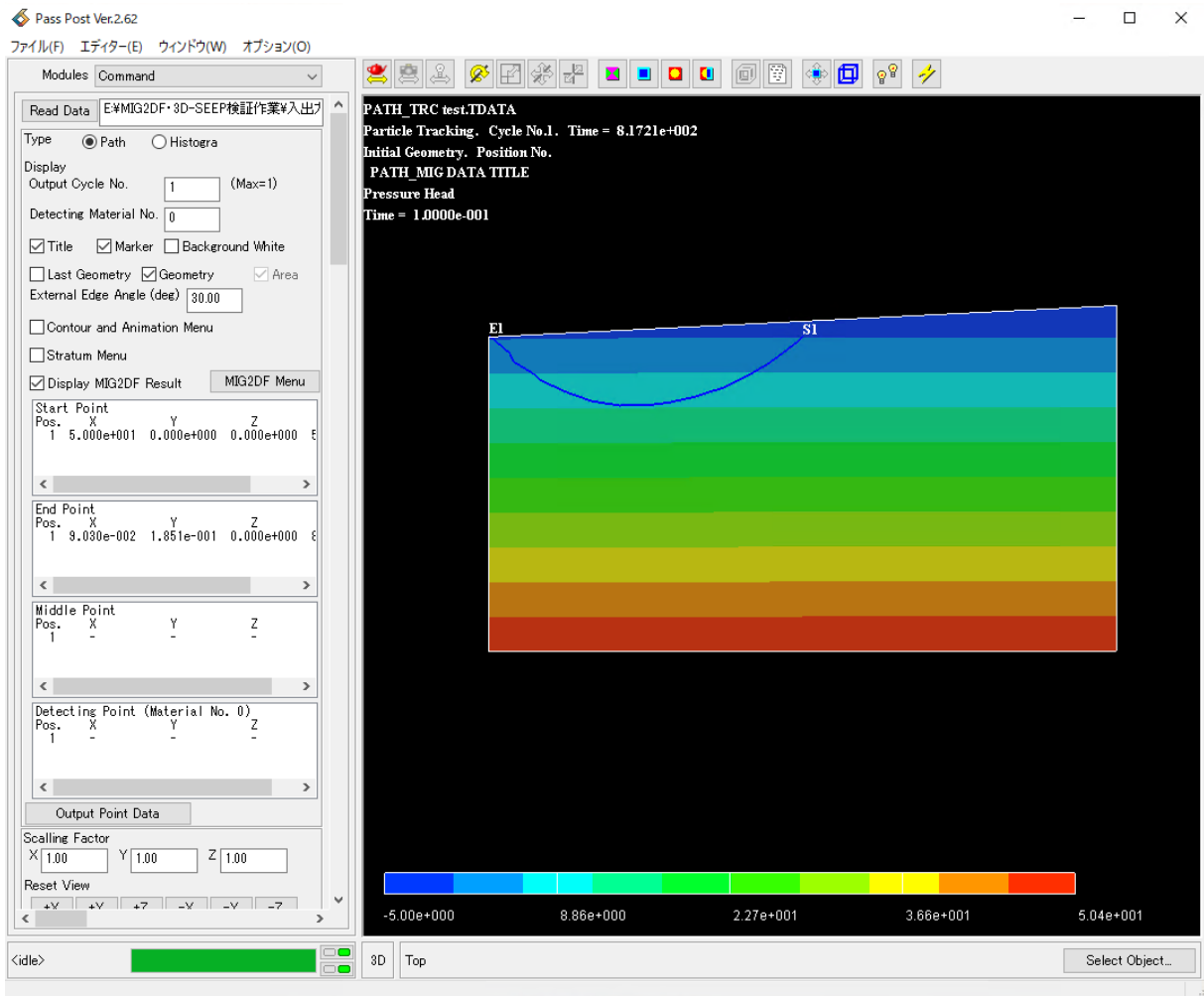
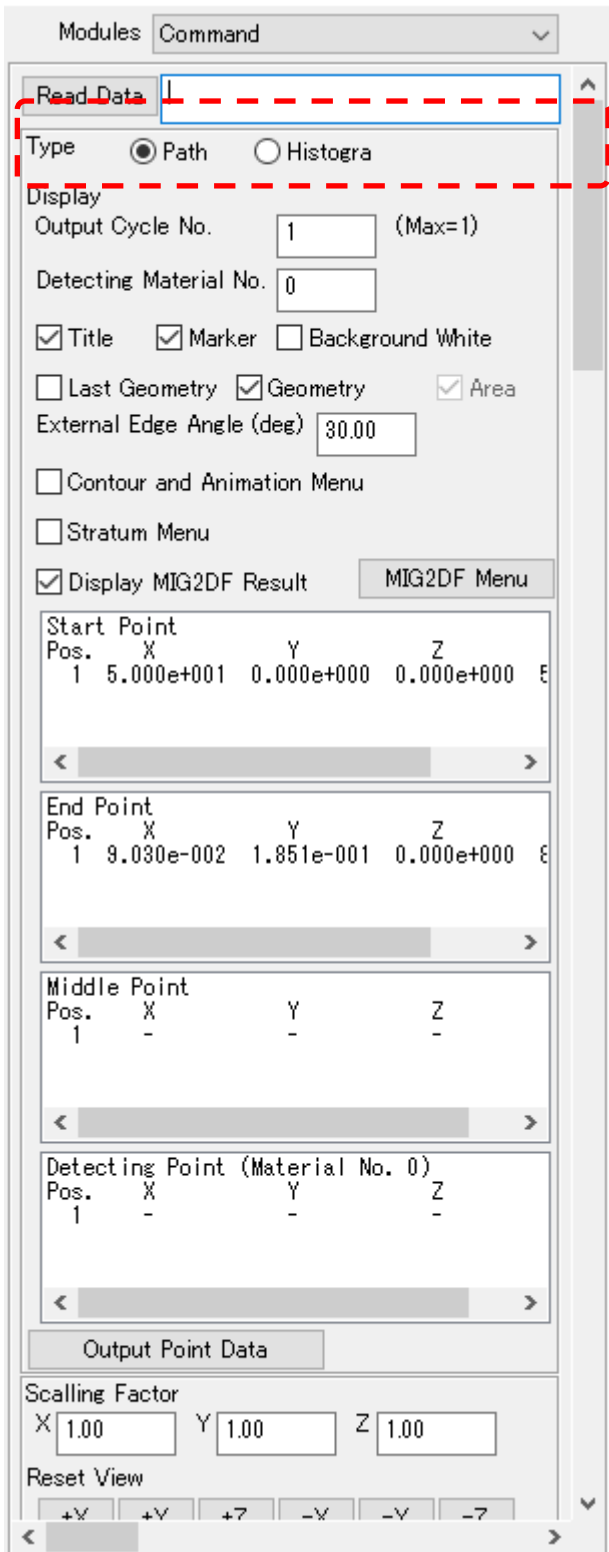


図 VII.11 PASS\_TRAC 表示例 (流路表示)

②表示タイプ選択

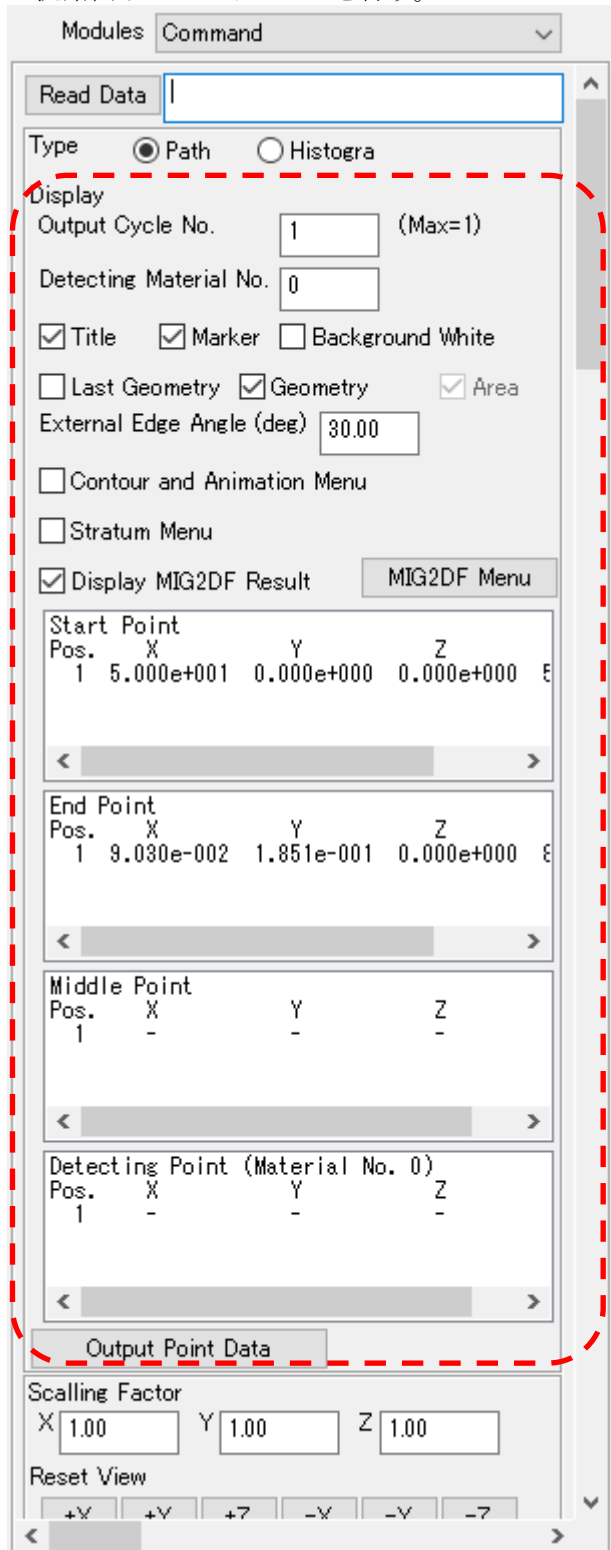
地下水流路解析コード（PASS\_TRAC）の解析結果表示には、流路表示とヒストグラム表示の2種類があるので、どちらを表示するかを選択する。



- “Type”
- “Path” : 流路表示
- “Histogram” : ヒストグラム表示

③流路表示コントロール

流路表示のコントロールを行う。



・“Output Cycle No.”

表示するサイクル番号を入力する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

・“Detecting Material No.”

PASS\_TRAC による粒子の移行経路上で、特定の要素物性を持つ要素を通過する位置 (検出点: 図 VII.12) を表示する場合に使用する。

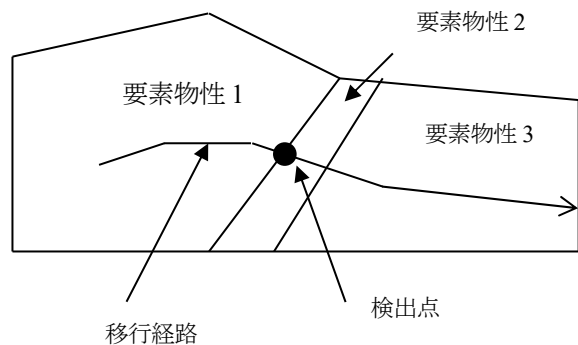


図 VII.12 検出点

検出用要素物性には透水係数番号を用いる。

検出したい要素群の透水係数番号を入力するとその透水係数番号に対応する要素に粒子が入った時点の位置を検出して表示する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

・“Title”

タイトルラベルの表示・非表示を切り替える。地下水流路マーカー (図 VII.11 PASS\_TRAC 表示例の “S1”、“E1”。それぞれ流路 1 のスタート位置、流出位置を表す) ラベルの表示・非表示を切り替える。

・“Background White”

表示画面の背景を白にするオプション。

・“Last Geometry”

隆起・侵食を考慮した解析の場合の初期形状・最終形状の表示の切り替えを行う。



- “Geometry”  
モデルの形状の表示・非表示を切り替える。
- “Area”  
PASS\_TRAC の読み込んだ地下水流解析結果が、FRAC2D\_F の計算結果だった場合、解析領域の表示・非表示を切り替える。
- “External Edge Angle(deg)”  
PASS\_TRAC の流路表示ではモデルの外辺のみを表示している。この時、隣り合う要素との角度が、指定された角度以上ある場合に外辺と判断する。0.0 を入力すると要素の辺が全て表示される。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Contour and Animation Menu”  
流路上の経過時間コンター表示、流路のアニメーション表示を行うダイアログを表示する。
- “Stratum Menu”  
地層面表示を行うダイアログを表示する。
- “Display MIG2DF Result”  
MIG2DF の解析結果を重ね合わせ表示する。既に MIG2DF の解析結果ファイルを読み込んでいる場合に有効。
- “MIG2DF Menu”  
MIG2DF のコマンドメニューを表示する。既に MIG2DF の解析結果ファイルを読み込んでおり、かつ “Display MIG2DF Result” が on の時に有効。
- “Output Point Data”  
表示された流路のスタート位置、流出位置、検出点位置をファイル出力する。ファイルダイアログが表示されるので、任意の名前を付けてファイルをセーブする。

流路コンター・流路アニメーションダイアログを図 VII.13 に示す。

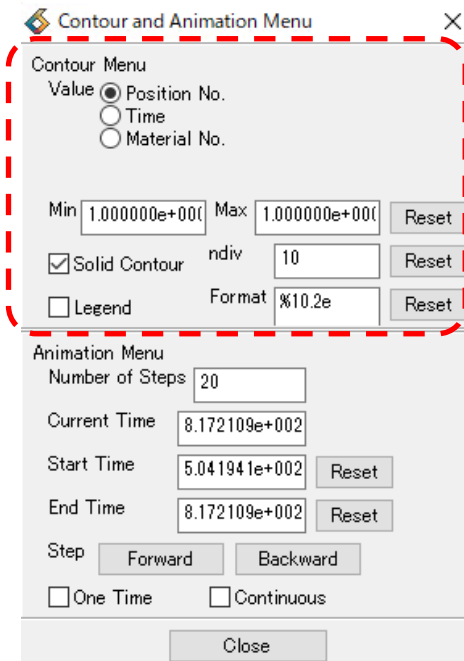


図 VII.13 流路コンター・流路アニメーションダイアログ

■ 流路コンター表示

• “Value”

コンター表示する値を選択する。

“Position No.”：流路番号（出発点番号）

“Time”：経過時間

“Material No.”：物性番号

• “Min/Max”

コンター表示の最小値/最大値を入力する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

• “ndiv”

コンターの分割数を入力する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

• “Legend”

コンターの凡例の表示・非表示を切り替える。

• “Format”

コンターの凡例の数値表示のフォーマットを変更する。フォーマットは C 言語の書式指定子に対応している。デフォルトは%10.2e。キーイン後に必ず Enter キーを押す。

• “Reset”

“Min/Max”、“ndiv”、“Format” をデフォルト値に戻す。

■ 流路アニメーション表示

- “Number of Steps”  
アニメーション表示の時間ステップ数を入力する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Current Time”  
現在の表示時刻を入力する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Start Time”  
アニメーション表示の開始時刻を入力する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Reset”  
“Start Time” をデフォルト値に戻す。
- “End Time”  
アニメーション表示の終了時刻を入力する。キーイン後に必ず Enter キーを押す。
- “Reset”  
“End Time” をデフォルト値に戻す。
- “Forward”  
現在の表示時間ステップ数を 1 つ進める。
- “Backward”  
現在の表示時間ステップ数を 1 つ戻す。
- “One Time”  
アニメーション表示を “Start” から “End” まで “Increment” 増分間隔で 1 スルー行う。
- “Continuous”  
アニメーション表示を “Start” から “End” まで “Increment” 増分間隔で繰り返し行う。終了するときは、チェックをはずす。
- “Close”  
流路コンター・流路アニメーションダイアログを閉じる。

■ 地層面表示

要素物性番号を指定して、指定された物性番号の要素の境界面のみを表示することにより、地層の境界面を表示する。地層面表示ダイアログを図 VII.14 に示す。

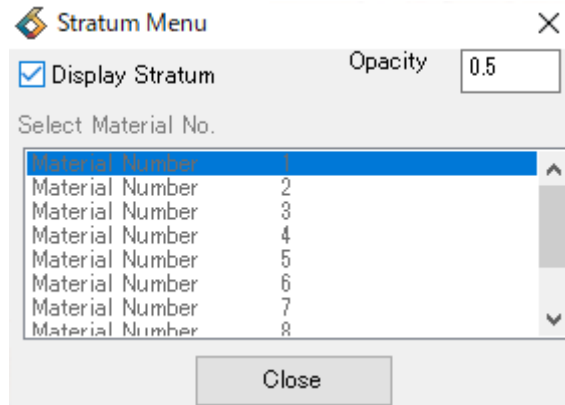


図 VII.14 地層面表示ダイアログ

- “Display Stratum”  
地層面表示の表示・非表示を切り替える。
- “Opacity”  
地層面の透明度を入力する。
- “Select Material No.”  
地層面として表示する要素の物性番号を選択する。
- “Close”  
地層面表示ダイアログを閉じる。

④表示スケーリング

モデルの表示を X、Y、Z 方向それぞれにスケーリングする。

The screenshot shows the 'Command' module interface. The 'Read Data' dialog box is open, displaying various settings for data reading. The 'Scaling Factor' section at the bottom is highlighted with a red dashed box, showing X, Y, and Z scaling factors all set to 1.00. Below this section are 'Reset View' buttons for X, Y, and Z directions.

Start Point			
Pos.	X	Y	Z
1	5.000e+001	0.000e+000	0.000e+000

End Point			
Pos.	X	Y	Z
1	9.030e-002	1.851e-001	0.000e+000

Middle Point			
Pos.	X	Y	Z
1	-	-	-

Detecting Point (Material No. 0)			
Pos.	X	Y	Z
1	-	-	-

Scaling Factor		
X	Y	Z
1.00	1.00	1.00

・ “X”

X 方向のスケーリングファクターを入力する。  
キーイン後に必ず Enter キーを押す。

・ “Y”

Y 方向のスケーリングファクターを入力する。  
キーイン後に必ず Enter キーを押す。

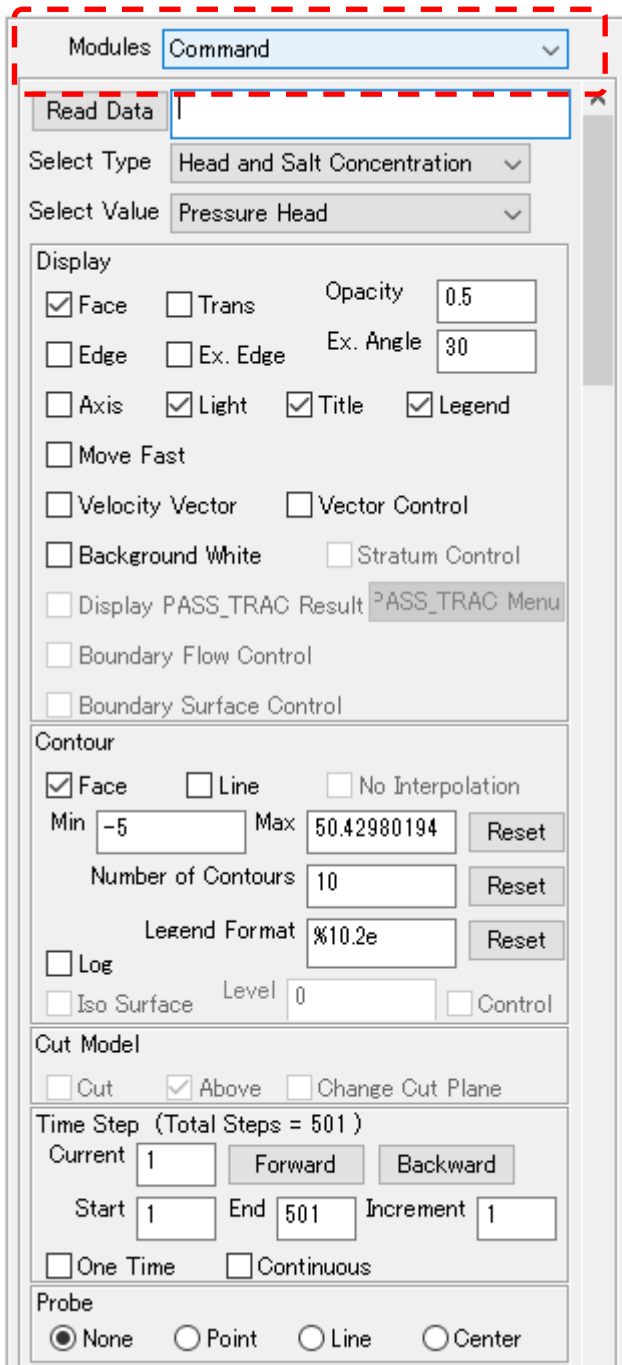
・ “Z”

Z 方向のスケーリングファクターを入力する。  
キーイン後に必ず Enter キーを押す。

### 5. 画像ファイルと動画ファイルの出力

表示されているモデルを画像ファイルや動画ファイルに出力する。出力可能なファイル形式は以下の通りである。

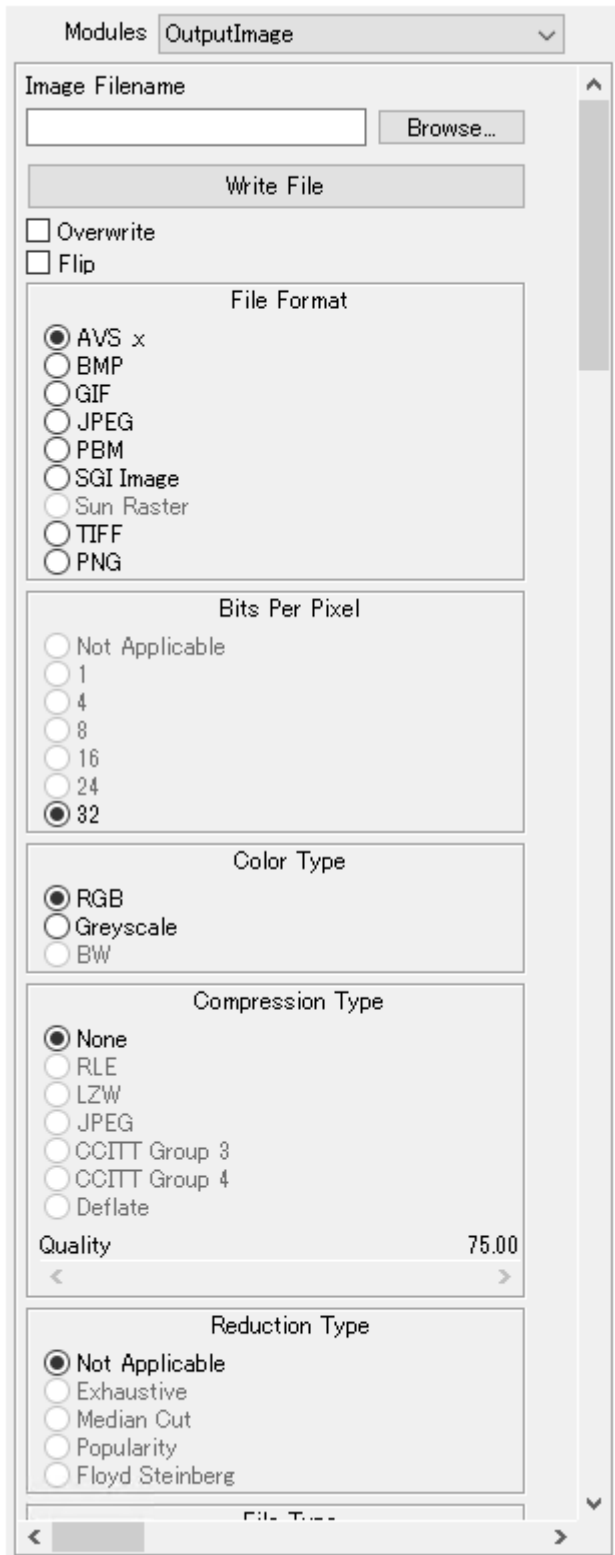
- 画像ファイル 1 : AVS .x、BMP、GIF、JPEG、PBM、SGI Image、TIFF、PNG
- 画像ファイル 2 : PostScript
- 動画ファイル 1 : AVS gfa
- 動画ファイル 2 : MPEG1、AVI



- “Modules”  
画像ファイル、動画ファイルの出力用コマンドメニューへの切替。
- “Command” : 通常のポスト処理
- “Output Image” : 画像ファイル 1
- “Output VPS” : 画像ファイル 2
- “geom\_capture” : 動画ファイル 1
- “image capture” : 動画ファイル 2

①画像ファイルタイプ1の出力

画像ファイルタイプ1 (AVS.x、BMP、GIF、JPEG、PBM、SGI Image、TIFF、PNG) の出力をコントロールする。



- “Browse...”  
ファイルダイアログが表示されるので、任意の画像ファイル名を指定する。
- “Write File”  
画像ファイルを出力する。
- “Overwrite”  
同名の画像ファイルが既に存在していたら、上書きする。
- “Flip”  
画像の上下を逆さまに出力する。
- “File Format”  
出力したい画像フォーマットを選択する。

■ 出力手順

1. MS Windows 用には “Flip” をオフにする。
2. “File Format” を選択する。
3. その他の設定を任意で行う。
4. “Browse” で出力する画像ファイルを指定する。
5. “Write File” で画像ファイルを出力する。

②画像ファイルタイプ2の出力

画像ファイルタイプ2 (PostScript) の出力をコントロールする。

• “Browse”

ファイルダイアログが表示されるので、任意の画像ファイル名を指定する。

• “Write PostScript”

画像ファイルを出力する。

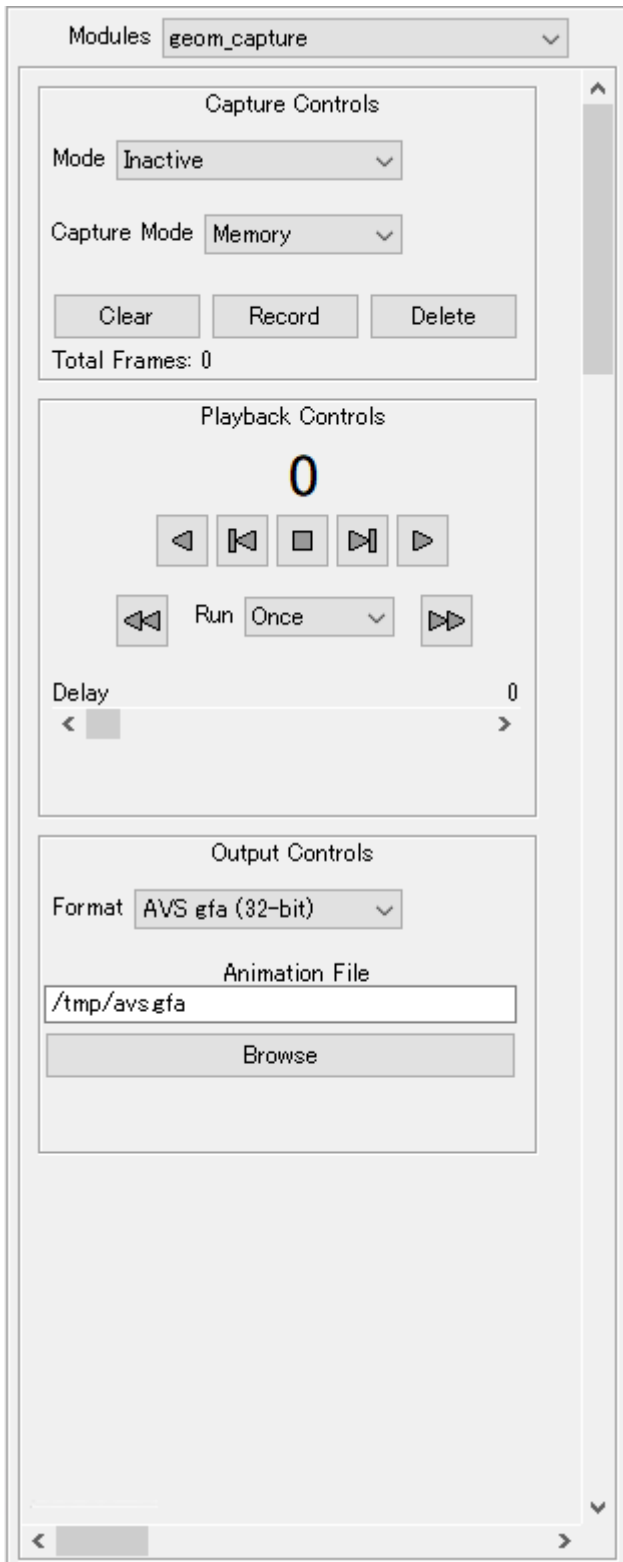
■ 出力手順

1. “Color Mode” 等の設定を任意で行う。
2. “Browse...” で出力する画像ファイルを指定する。
3. “Write PostScript” で画像ファイルを出力する。



③動画ファイルタイプ1の出力

動画ファイルタイプ1 (AVS gfa) の出力をコントロールする。



• “Mode”

モードの選択。

“Inactive”：キャプチャー無し

“Capture”：キャプチャー中

“Platback”：キャプチャーの再生

• “Capture Mode”

キャプチャーする画像の保管先を指定。

“Memory”：メモリー

“Disk”：ハードディスク

• “Clear”

チャプチャーした画像を全て消去

• “Record”

1ステップ分の画像をキャプチャー

• “Delete”

1ステップ分の画像を消去

• “Browse”

ファイルダイアログが表示されるので、任意の動画ファイル名を指定する。

■ AVS gfa ファイル

AVS gfa ファイルは AVS/Express 独自の動画ファイル形式である。通常の動画ファイルと異なり 3 次元座標を保持しており、モデルを 3 次元空間上で回転、移動、拡大することができる。また、動画ファイルではあるが、1 ステップのみの 3 次元画像ファイルとしても利用可能である。

表示ソフトとしては、AVS/Express 自身およびフリーのビューワー “3DAVS Player” がある。3DAVS Player は日本原子力研究開発機構と株式会社ケー・ジー・ティー (現サイバネットシステム株式会社) の共同開発によるビューワーであり、サイバネットシステム株式会社のホームページよりダウンロードできる。3DAVS Player は MS PowerPoint®などの MS Office 製品に埋め込むことができる。

■ 出力手順 (1 ステップのみの場合)

1. “Mode” を “Capture” に設定。
2. “Record” で 1 ステップ分をキャプチャー。
3. “Browse...” で出力する画像ファイルを指定する。

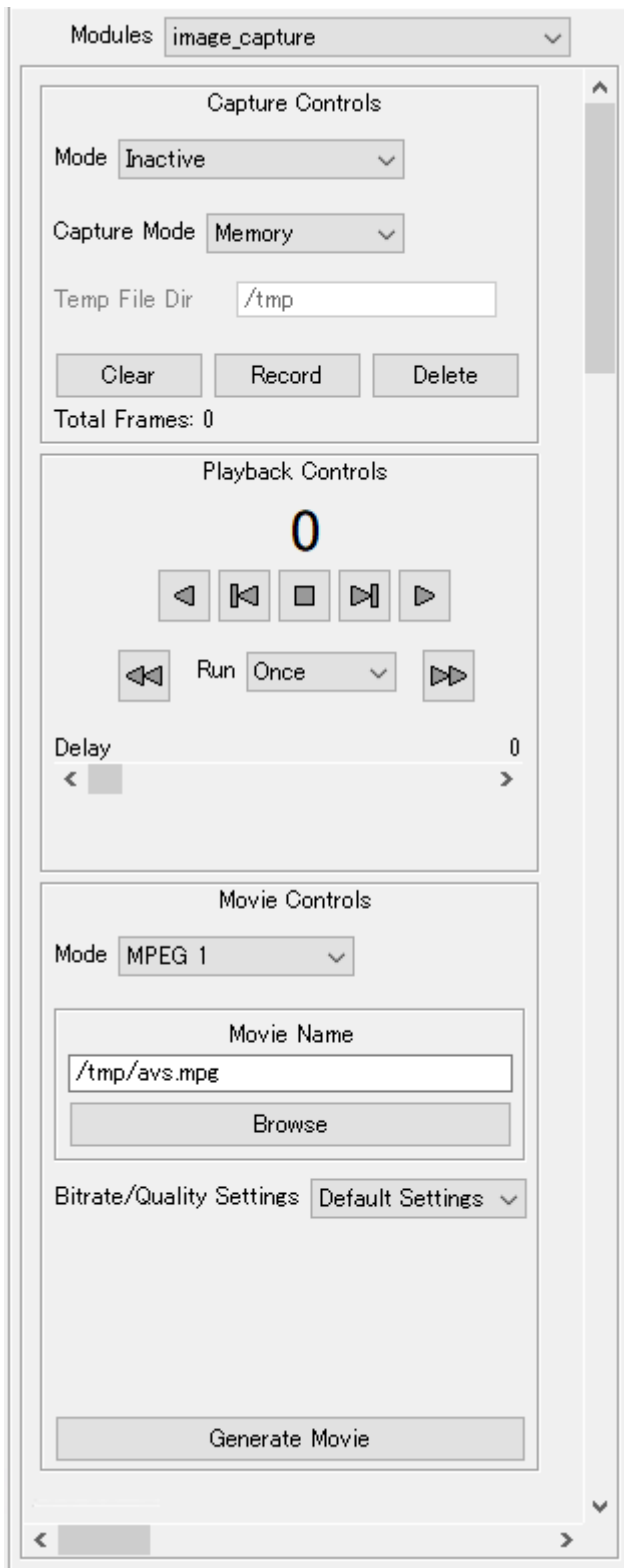
■ 出力手順 (動画の場合)

1. “Mode” を “Capture” に設定。
2. “Modules” を “Command” にしてポスト表示のコマンドメニューに戻る。
3. ポスト表示のコマンドメニューのアニメーションコマンド “One Time” を実行してアニメーション表示させる。
4. “Modules” を “geom\_capture” にして動画ファイルタイプ 1 のコマンドメニューに戻る。
5. “Browse...” で出力する動画ファイルを指定する。

動画ファイルタイプ 1 では、ファイル出力用のボタンは用意されていないので、“Browse” で動画ファイルを指定すると、そのまま出力が開始する。

④動画ファイルタイプ2の出力

動画ファイルタイプ2 (MPEG1、AVI) の出力をコントロールする。



・“Mode”

モードの選択。

“Inactive” :

キャプチャー無し

“Capture from View” :

ビューからキャプチャー

“Capture from Framebuffer” :

フレームバッファからキャプチャー

“Playback from View” :

ビューからキャプチャーを再生

“Playback from Framebuffer” :

フレームバッファからキャプチャーを再生

・“Capture Mode”

キャプチャーする画像の保管先を指定。

“Memory” : メモリー

“Disk” : ハードディスク

・“Temp File Dir”

“Capture Mode” を “Disk” に設定した場合のテンポラリーファイルの保管先を指定。

・“Clear”

キャプチャーした画像を全て消去

・“Record”

1ステップ分の画像をキャプチャー

・“Delete”

1ステップ分の画像を消去

- “Mode”  
動画ファイル形式を “MPEG1” か “AVI” に指定する。
  
- “Browse”  
ファイルダイアログが表示されるので、任意の動画ファイル名を指定する。
  
- “Generate Movie”  
動画ファイルを出力する。(このボタンはコマンドメニューの下の方にあり、通常は表示されていない。コマンドメニュー右端の上下方向のスクロールバーを動かして、“Generate Movie” ボタンが画面上に表示されるようにして使用する。)

■ 出力手順

1. “Movie Controls” の “Mode” で動画ファイル形式を選択する。
2. “Capture Controls” の “Mode” を “Capture from View” に設定。
3. “Modules” を “Command” にしてポスト表示のコマンドメニューに戻る。
4. ポスト表示のコマンドメニューのアニメーションコマンド “One Time” を実行してアニメーション表示させる。
5. “Modules” を “image\_capture” にして動画ファイルタイプ2のコマンドメニューに戻る。
6. “Browse” で出力する動画ファイルを指定する。
7. コマンドメニューの右端の上下方向のスクロールバーを動かして、“Generate Movie” ボタンを表示し、“Generate Movie” ボタンで動画ファイルを出力する。

(2) インストール方法

PASS\_POST は AVS/Express を使用したソフトであるので、インストールするマシンに AVS/Express Viz または AVS/Express Developer がインストールされていなければならない。

PASS\_POST のインストールは以下の手順で行う。

(1) ディレクトリ `pass_post` をマシンにコピーする。

(2) ファイル `avsenv` を修正する。

① 3 行目を修正する。

```
XP_PATH= "pass_post.dir" "AVS/Express.dir"
"pass_post.dir" : pass_post インストールフォルダー (フルパス)
"AVS/Express.dir" : AVS/Express インストールフォルダー (フルパス)
```

(3) ファイル `pass_post.bat` を修正する。

① 3 行目を修正する。

```
set PASS_POST= "pass_post.dir"
"pass_post.dir" : pass_post インストールフォルダー (フルパス)
```

② 4 行目を修正する。

```
set MY_EXP_ROOT = "AVS/Express.dir"
"AVS/Express.dir" : AVS/Express インストールフォルダー (フルパス)
```

③ 5 行目を修正する。

```
set MACHINE = "machine"
"machine" : マシンタイプ
AVSv6.3 までの場合、pc : Windows
AVSv7.0 以降の場合、pc6 : Windows Visual C++® 6.0
pc7 : Windows Visual Studio® 2003
pc : Windows Visual Studio® 2005
pc64 : Windows Visual Studio® 2005 64bit
```

④ ライセンス設定を修正する。

・ AVSv6.3 までは、6 行目にライセンスファイルを設定

```
set LM_LICENSE_FILE = "License.File"
"License.File" : AVS/Express ライセンスファイル (フルパス)
```

・ AVSv7.0 以降は、7 行目にライセンスサーバーを設定

```
set XP_LICENSE_SERVER = "License.Server"
"License.Server" : AVS/Express ライセンスサーバー名
```

⑤ 8 行目を修正する。

・ AVS/Express Viz の場合

```
set AVS_TYPE =VIZ
```

・ AVS/Express Developer の場合

```
set AVS_TYPE =DEVELOPER
```

以下(4)~(7)は `pass_post` を再コンパイルする場合に行う。

(4) ファイル basepc.bat を修正する。

① 3行目を修正する。

```
set MY_EXP_ROOT = "AVS/Express.dir"
"AVS/Express.dir" : AVS/Express インストールフォルダー (フルパス)
```

② 4行目を修正する。

```
set MACHINE = "machine"
"machine" : マシンタイプ (pc または pc6)
AVSv6.3 までの場合、pc : windows
AVSv7.0 以降の場合、pc6 : Windows Visual C++® 6.0
pc7 : Windows Visual Studio® 2003
pc : Windows Visual Studio® 2005
pc64 : Windows Visual Studio® 2005 64bit
```

③ ライセンス設定を修正する。

・ AVSv6.3 までは、5行目にライセンスファイルを設定

```
set LM_LICENSE_FILE = "License.File"
"License.File" : AVS/Express ライセンスファイル (フルパス)
```

・ AVSv7.0 以降は、6行目にライセンスサーバーを設定

```
set XP_LICENSE_SERVER = "License.Server"
"License.Server" : AVS/Express ライセンスサーバー名
```

④ 7行目を修正する。

・ AVS/Express Viz の場合

```
set AVS_TYPE = VIZ
```

・ AVS/Express Developer の場合

```
set AVS_TYPE = DEVELOPER
```

(5) ファイル nmake\_go.bat を修正する。

(コマンドラインでコンパイラーが起動できる環境の場合は不要)

① 1行目を修正する。

```
set msvs = "MSVS"
"MSVS" : Microsoft Visual Studio インストールフォルダー (フルパス)
```

② 3目を修正する。

```
set MACHINE = "machine"
"machine" : マシンタイプ (pc または pc6)
AVSv6.3 までの場合、pc : windows
AVSv7.0 以降の場合、pc6 : Windows Visual C++® 6.0
pc7 : Windows Visual Studio® 2003
pc : Windows Visual Studio® 2005
pc64 : Windows Visual Studio® 2005 64bit
```

(6) basepc.bat を実行する。

(7) nmake\_go.bat を実行する。

# 国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。  
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
周期	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz		s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N		m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
静電容量	ファラド	F	C/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光照射量	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd
放射線量	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> cd
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
酸素活性	カタール	kat		s <sup>-1</sup> mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。  
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。  
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。  
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。  
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。  
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で“radioactivity”と記される。  
 (g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
表面張力	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> = s <sup>-1</sup>
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>	m m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> = s <sup>-2</sup>
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電荷密度	ジュール毎立方メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
電表面電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m <sup>4</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> = m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> = kg s <sup>-3</sup>
	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> mol

表5. SI接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h	10 <sup>-21</sup>	zepto	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>-24</sup>	yocto	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	''	1''=(1/60)′=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>12</sup> cm) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベクレル	B	
デシベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイナ	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
ストルブ	sb	1 sb=1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フオト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(a)</sup>	Oe	1 OeΔ=(10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「Δ」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 <sup>-4</sup> kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロ	μ	1 μ=1μm=10 <sup>-6</sup> m

