

第2章 FEM温度解析

2-1 解析対象（CPひび割れ幅法）

マスコンクリートの温度応力解析プログラム（JCMAC2）の解析例（CPひび割れ幅法）として図-2.1に示すように、岩盤上にコンクリートスラブが打設され、さらに壁が打設された時のコンクリートのひび割れ幅を求める。なお、この壁は左右対称とし、右半分のみ解析する。温度解析は、2次元FEM（4節点アイソパラメトリック要素）で行う。

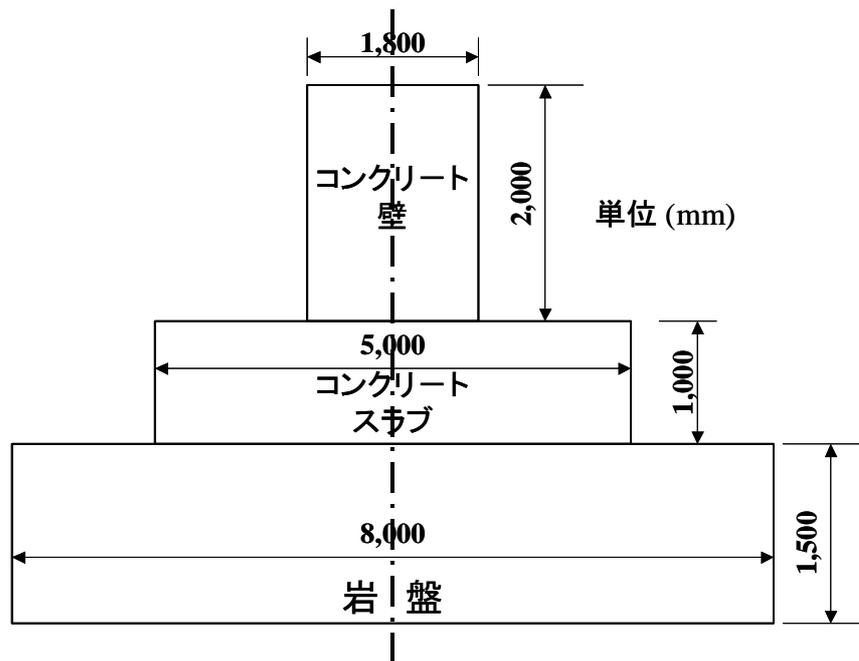


図-2.1 解析対象構造物（奥行き方向 15,000mm）

2-2 解析条件と物性値

解析対象の壁状構造物は、東京都に打設されるものとする。コンクリートスラブは、平成13年11月1日に打設され、壁部分は、1週間後の11月8日に打設されたものとする。なお、解析は、12月20日まで行う。使用されたコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた普通コンクリートで、単位セメント量は、 300kg/m^3 、打設時の練り上がり温度は、 20°C である。温度解析に用いた熱特性値を表-2.1に示す。

表-2.1 温度解析の熱特性値

物性値	岩盤	コンクリート
初期温度	15°C	20°C
比熱	$1.3\text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$	$1.1\text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$
密度	2600 kg/m^3	2300 kg/m^3
熱伝導率	$2.3\text{ W/m}^\circ\text{C}$	$2.8\text{ W/m}^\circ\text{C}$

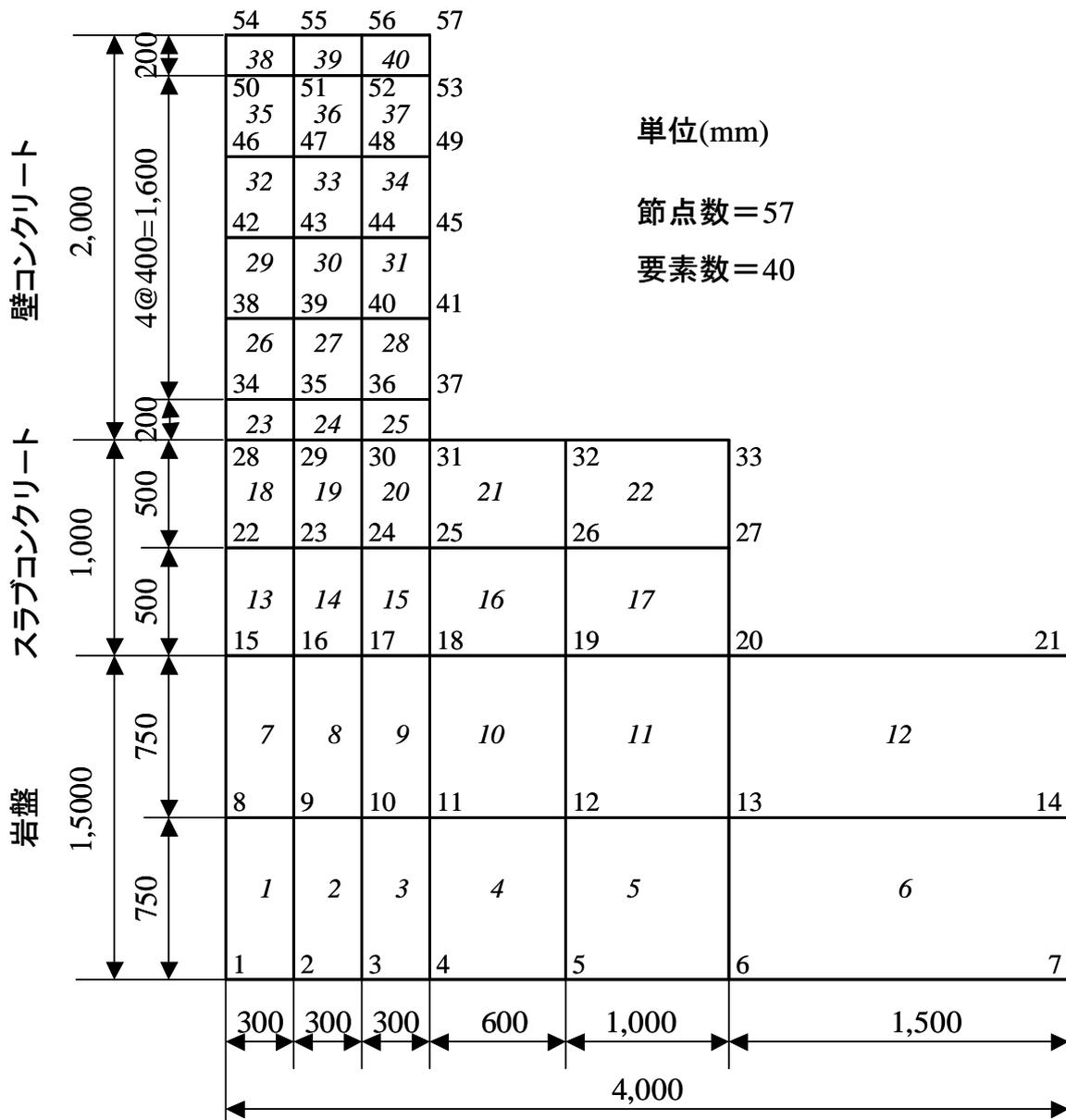


図-2.2 温度解析要素分割図

2-3 温度解析の流れ

(1) プログラムの起動

温度応力解析プログラムを起動すると、画面上に図-2.3が表示される。データファイルが保存されている場合は、そのファイル名を入力し、保存されていない場合（新規入力）は、ファイル名を入力する。

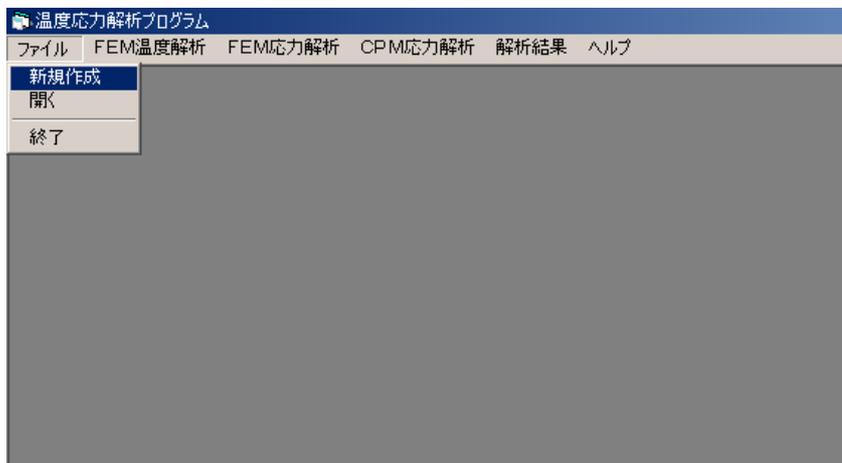


図-2.3 プログラム起動画面

(2) メッシュ作成

まず始めに「メッシュ作成」を選び、温度解析のための有限要素（FEM）メッシュを作成する。メッシュの作成は、メッシュジェネレータにより、自動的に行われる。

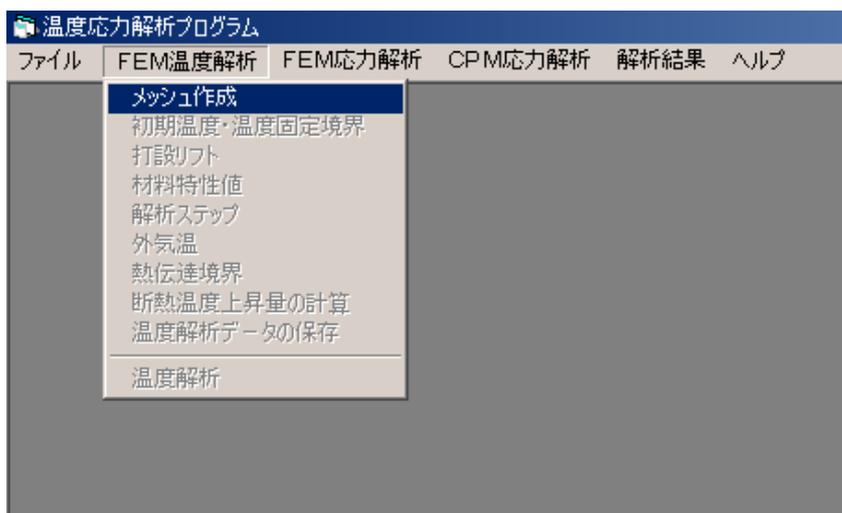


図-2.4 メッシュ作成画面

(3) 矩形領域数の入力

メッシュ自動作成のため、メッシュを作成する矩形領域の数を入力する。

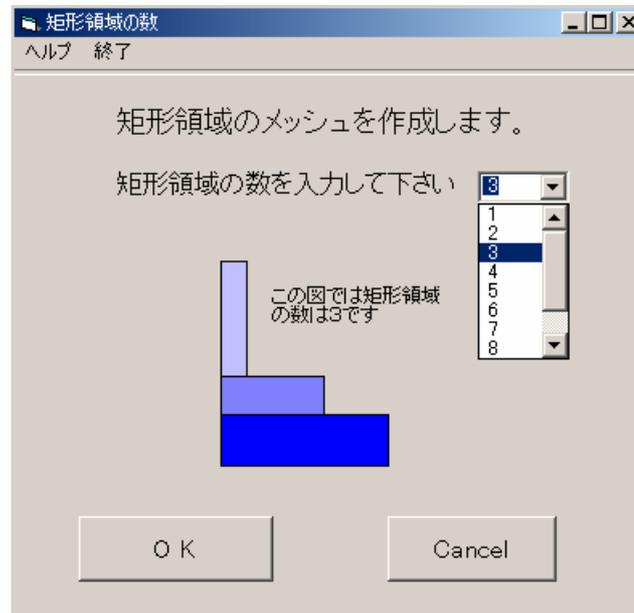


図-2.5 矩形数の入力

(4) 矩形領域の各頂点の座標入力

矩形領域の各頂点の座標を mm 単位で入力する。入力はブロック単位で行う。

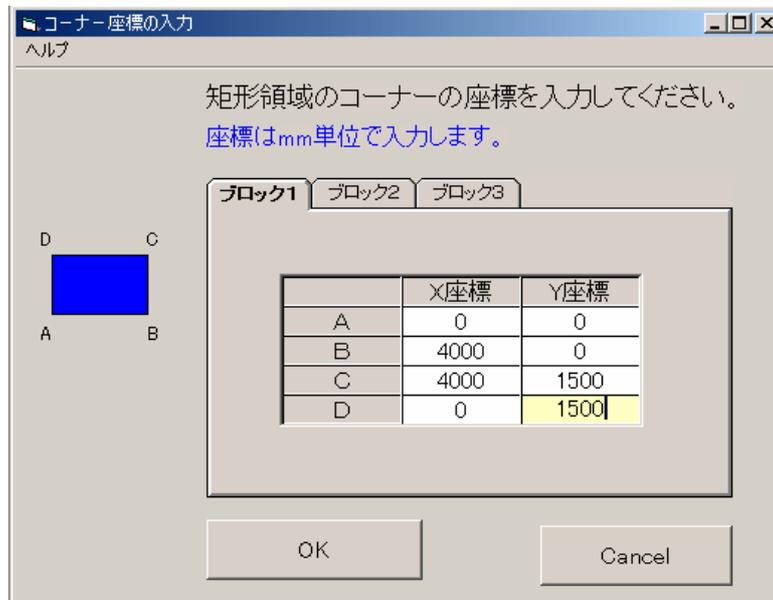


図-2.6 矩形領域のコーナー座標の入力

(5) メッシュ分割

矩形領域が画面上に描画されるので、矩形領域内でマウスの右ボタンをクリックし、要素分割数等を入力する。

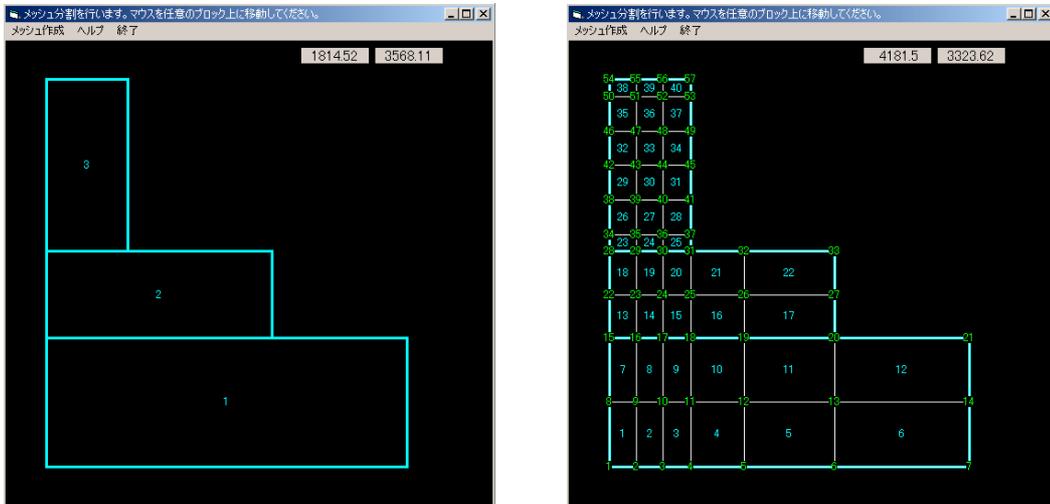


図-2.7 メッシュ分割

(6) 初期温度と温度固定境界の入力

節点をマウスで選択し、初期温度と固定境界の有無を入力する。

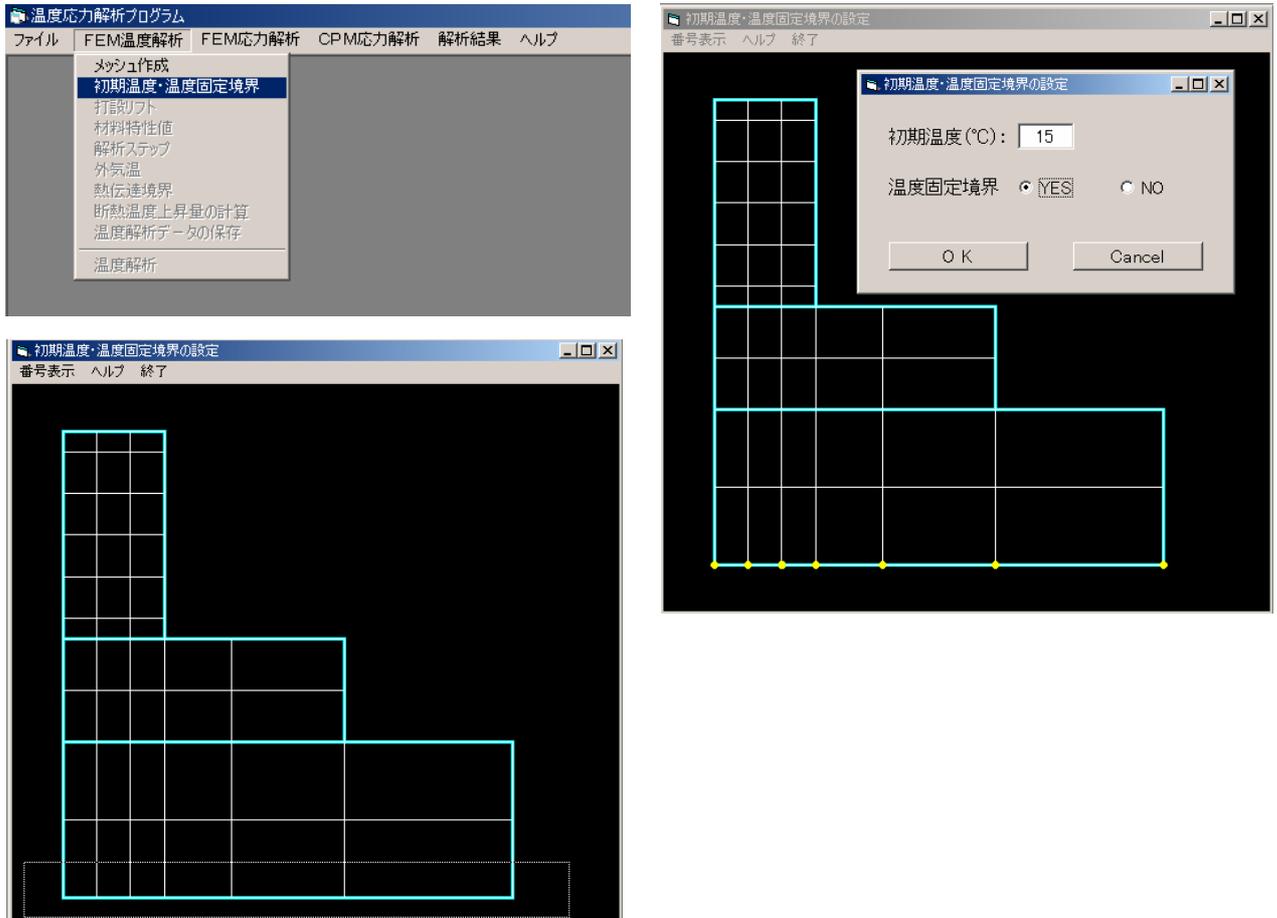


図-2.8 初期温度、温度固定境界の入力

(7) リフトデータの入力

対象となるリフトをマウスで選択し、リフトデータを入力する。

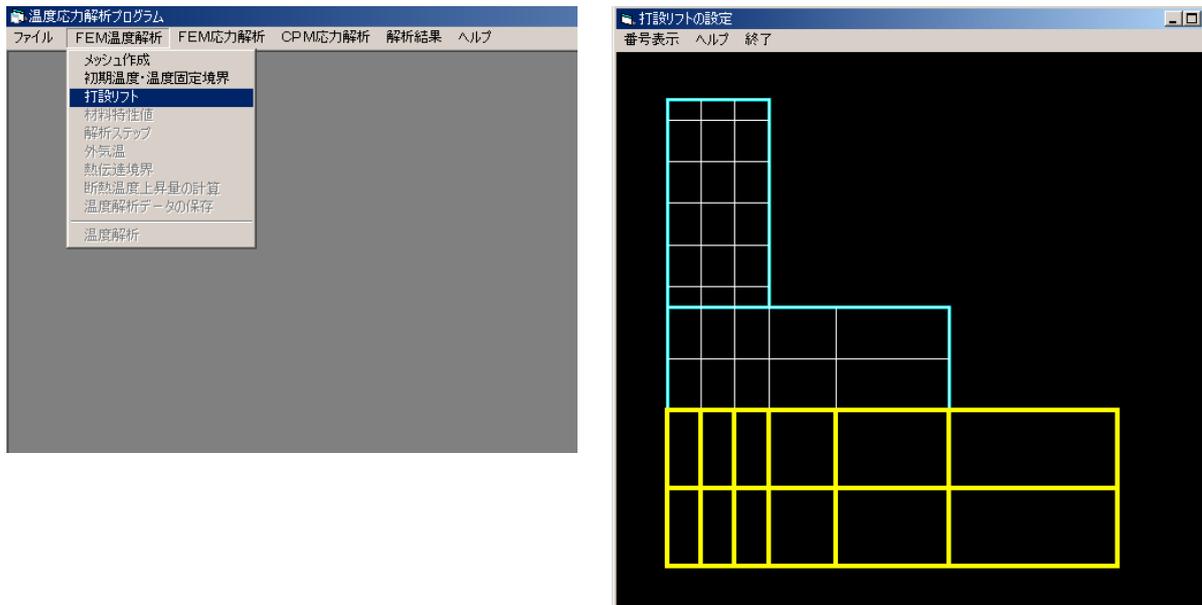


図-2.9 リフトデータの入力

(7-a) リフト番号の入力

まず始めに、リフト番号を入力する。リフト番号は、0から順番に付ける。地盤や岩盤、既設コンクリートなど、非発熱体のリフト番号は0を入力する。

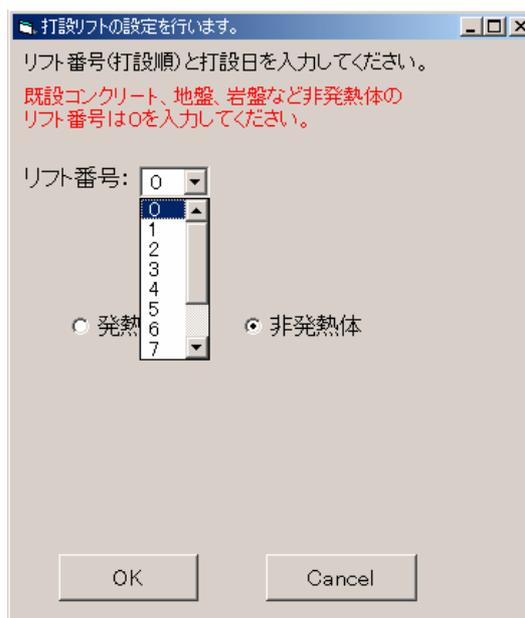


図-2.10 リフト番号の入力

(7-b) 打設日の入力

カレンダーからマウスで日付を選択し、リフト打設日を入力する。

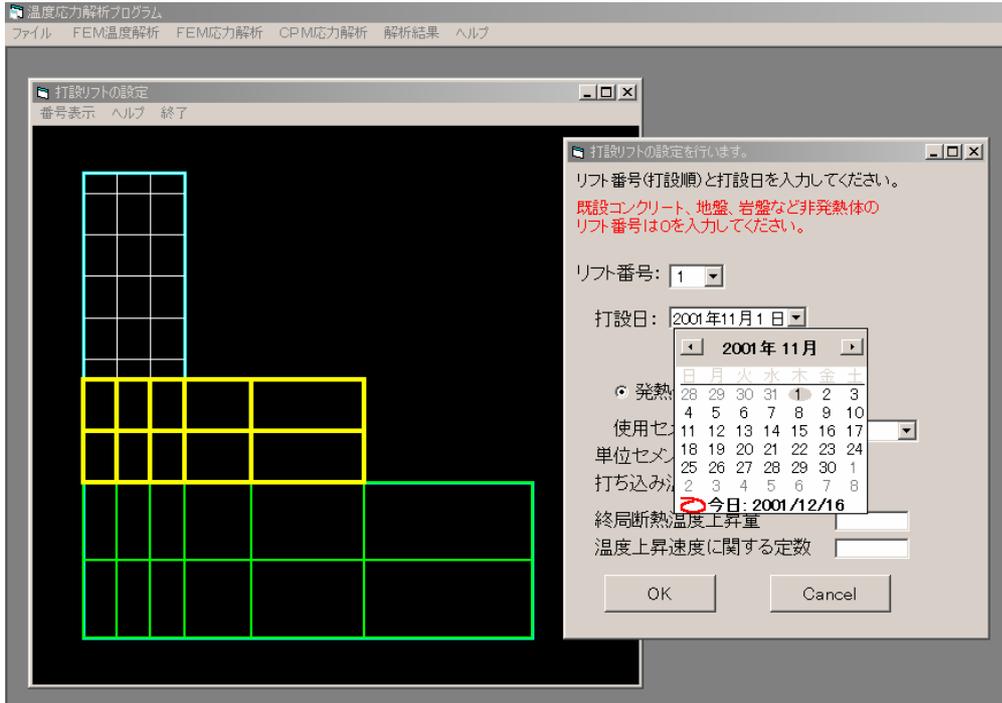


図-2.11 打設日の入力

(7-c) 使用セメントの入力

使用したセメントの種類を選択する。

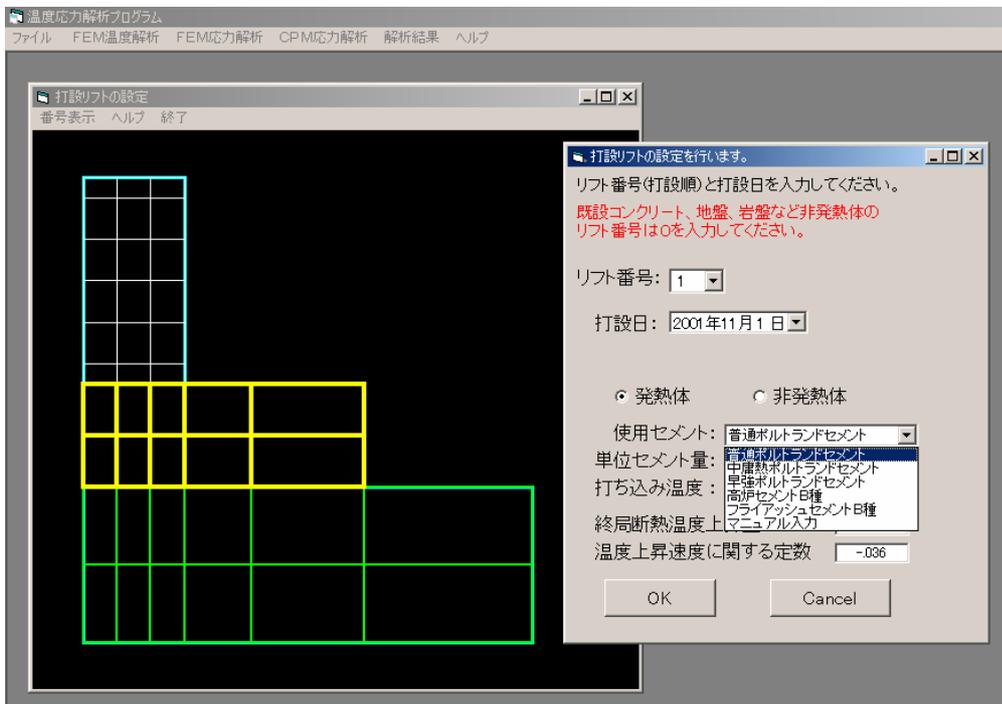


図-2.12 使用セメントの入力

(7-d) 単位セメント量、打ち込み温度の入力

単位セメント量ならびに打ち込み温度をマウスで選択する。リスト中に適切な数値がない場合には、直接数値を入力することができる。

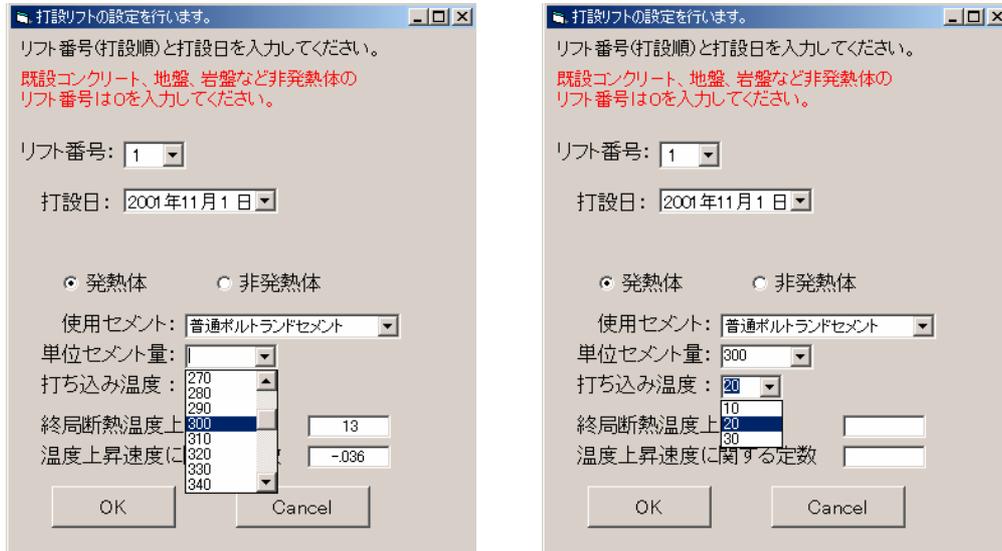


図-2.13 単位セメント量、打ち込み温度の入力

(8) 材料特性値の入力

マウスで要素を選択し、材料特性値を入力する。

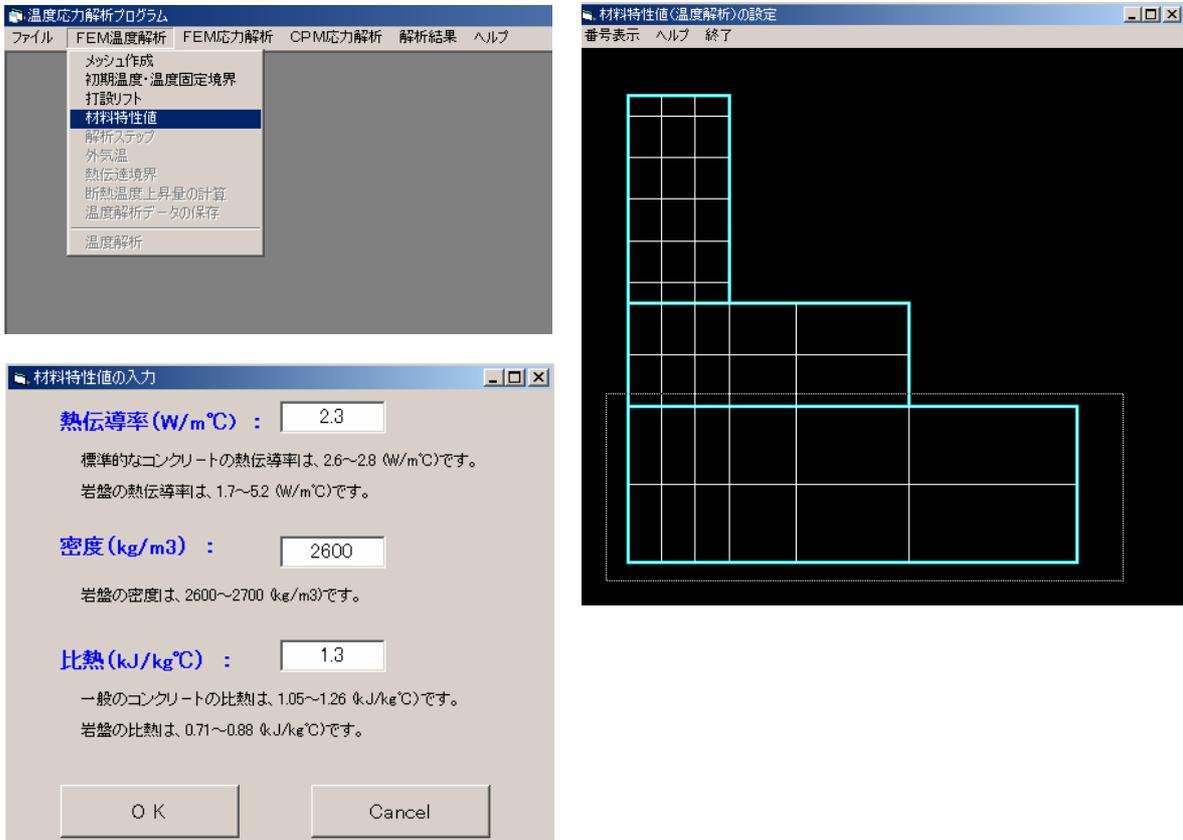


図-2.14 材料特性値の入力

(9) 解析ステップの入力

解析終了日を入力すると、自動的に解析ステップが計算される。マニュアルで解析ステップを入力することもできる。

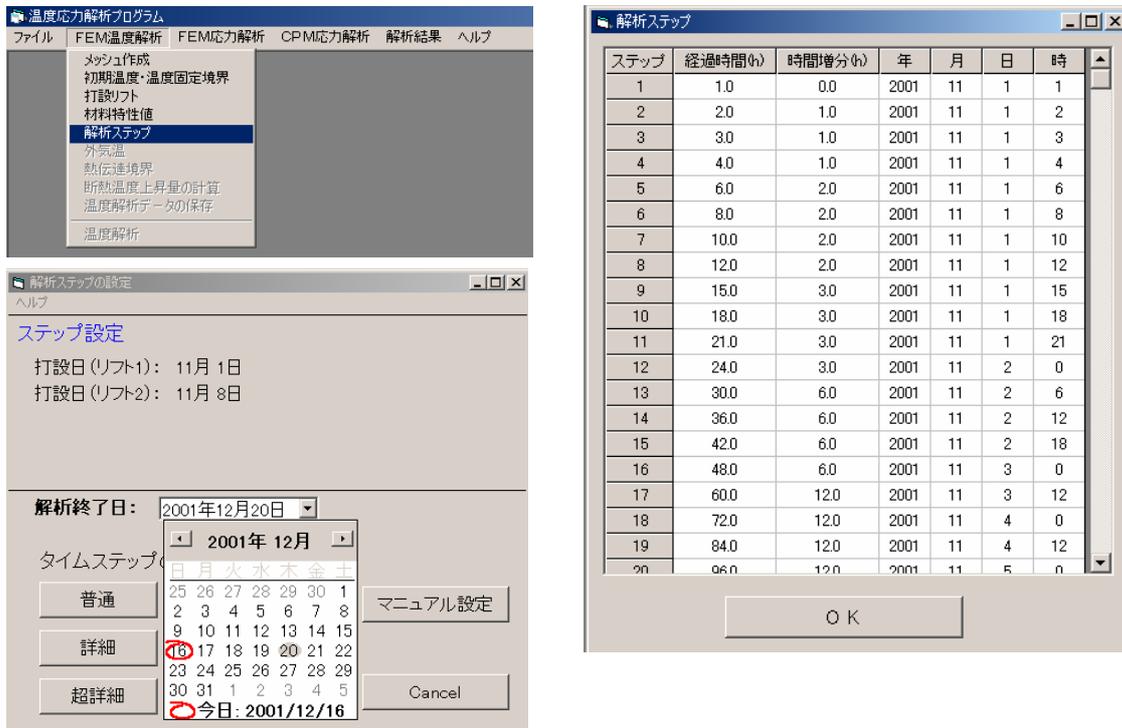


図-2.15 解析ステップ

(10) 外気温の入力

施工場所の都道府県名を入力するか、緯度、標高を入力することにより施工時期に応じた外気温が自動的計算される。マニュアルで入力することもできる。

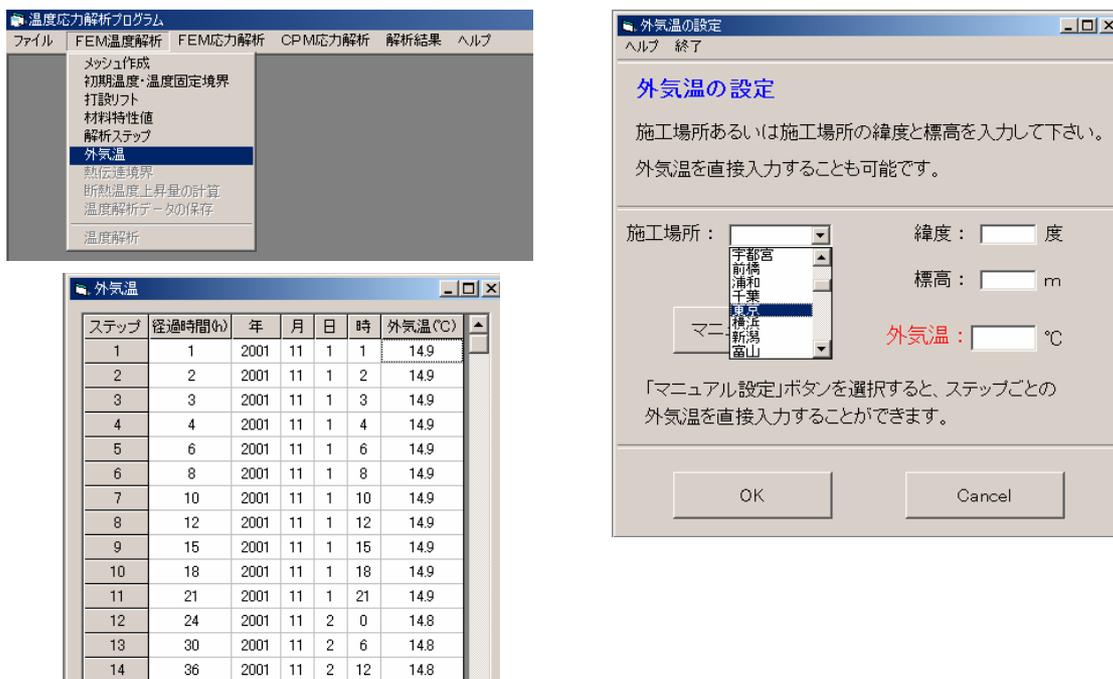


図-2.16 外気温の入力

(11) 熱伝達境界の入力

境界をマウスで選択し、熱伝達境界データを入力する。

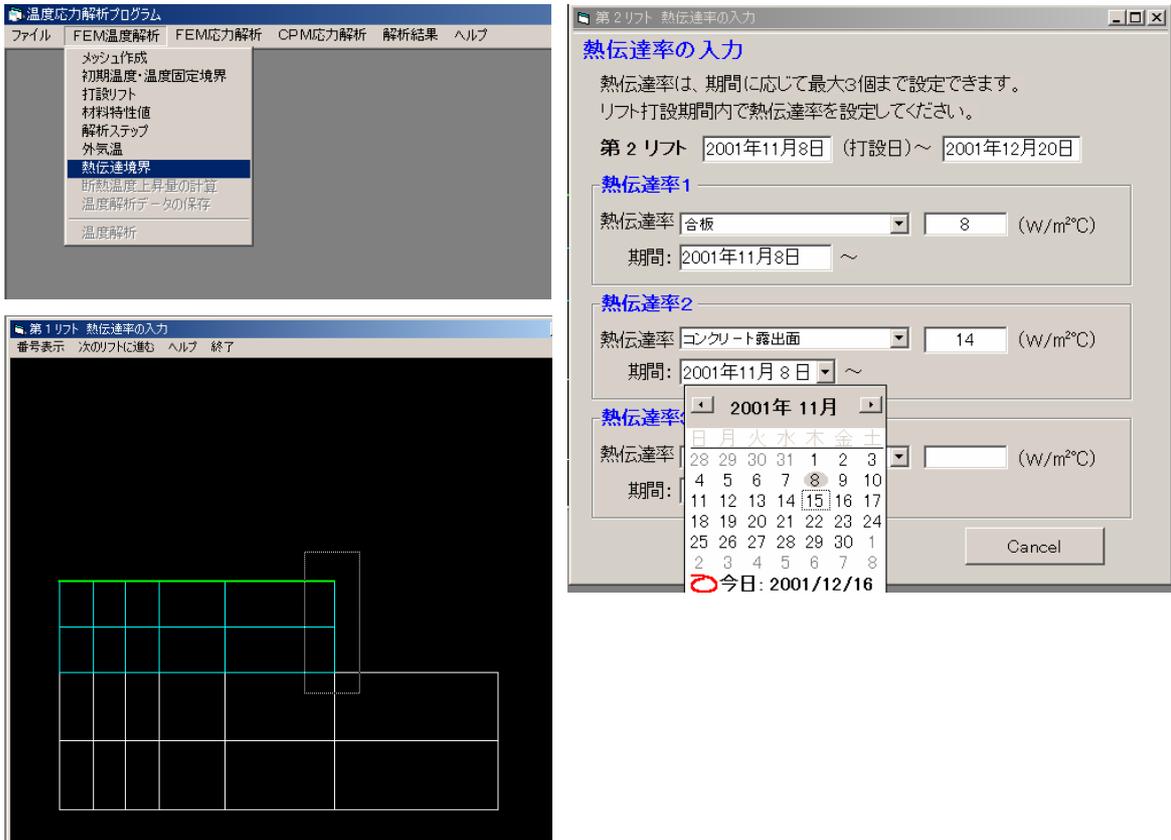


図-2.17 熱伝達境界の設定

(12) 断熱温度上昇量の計算

断熱温度上昇量を自動で計算。



図-2.18 断熱温度上昇量の計算

(13) 温度解析用データの保存

温度解析に必要な全てのデータが揃ったので、ファイルに保存する。

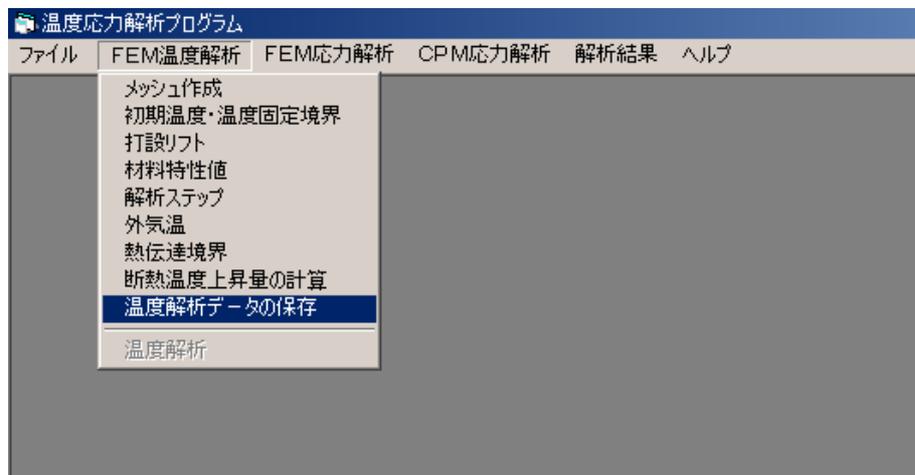


図-2.19 温度解析用データの保存

(14) 温度解析の開始

温度解析を開始する。

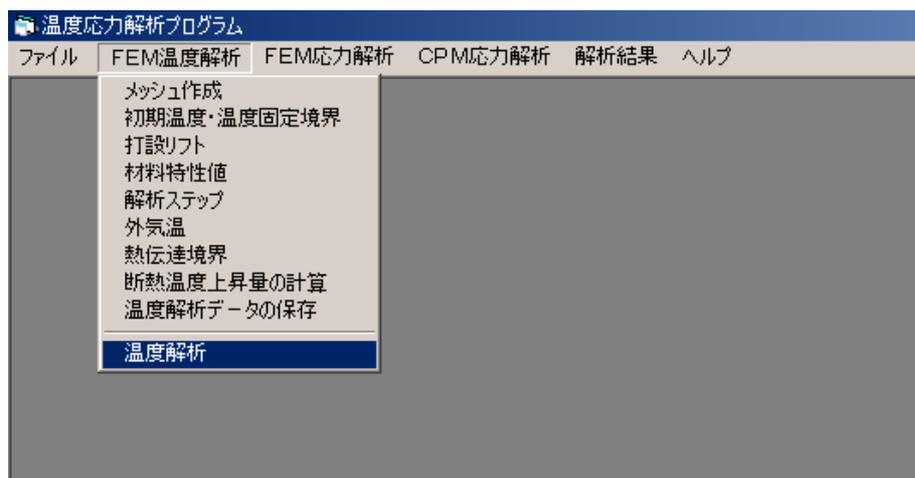


図-2.20 温度解析の開始

(15) 解析結果の出力

温度解析の結果をグラフに出力する。温度解析結果は、

- ① 材齢と温度の関係
- ② 温度分布
- ③ 要素分割図

について出力可能である。

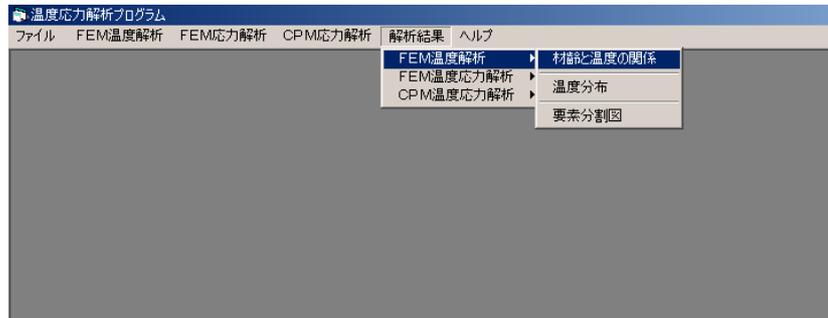


図-2.21 解析結果の出力

まず始めに、出力したい節点をマウスで選択する。次にメニューバーの「描画」→「グラフ表示」、あるいはマウス右クリックで「グラフ表示」を選択する。

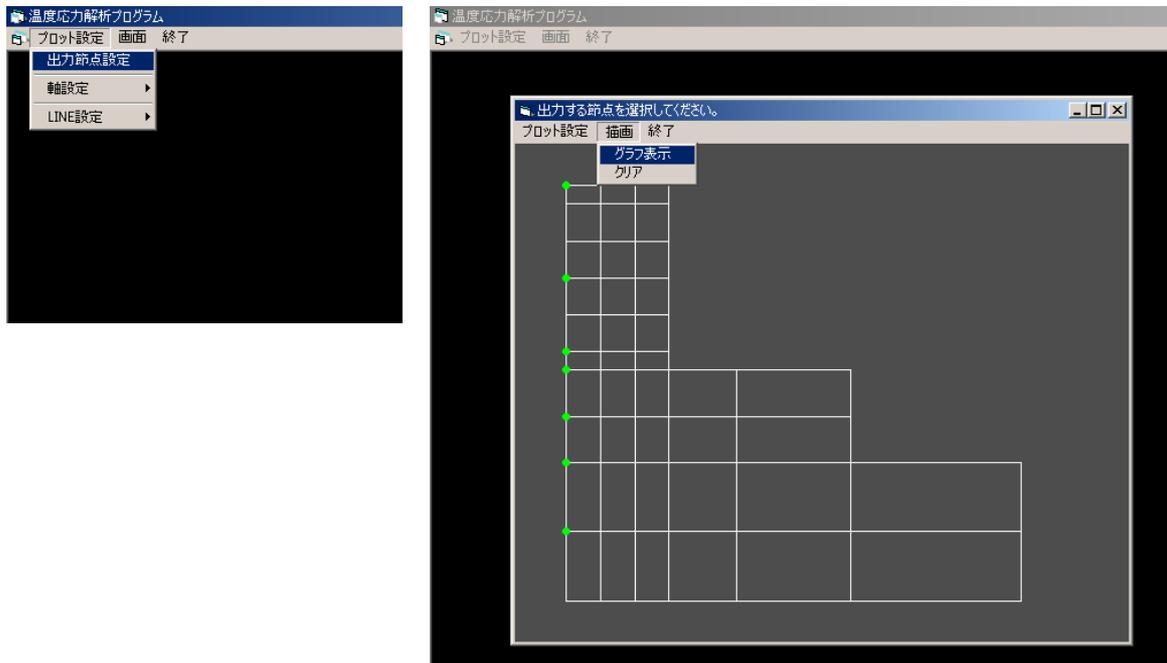


図-2.22 出力したい節点の選択

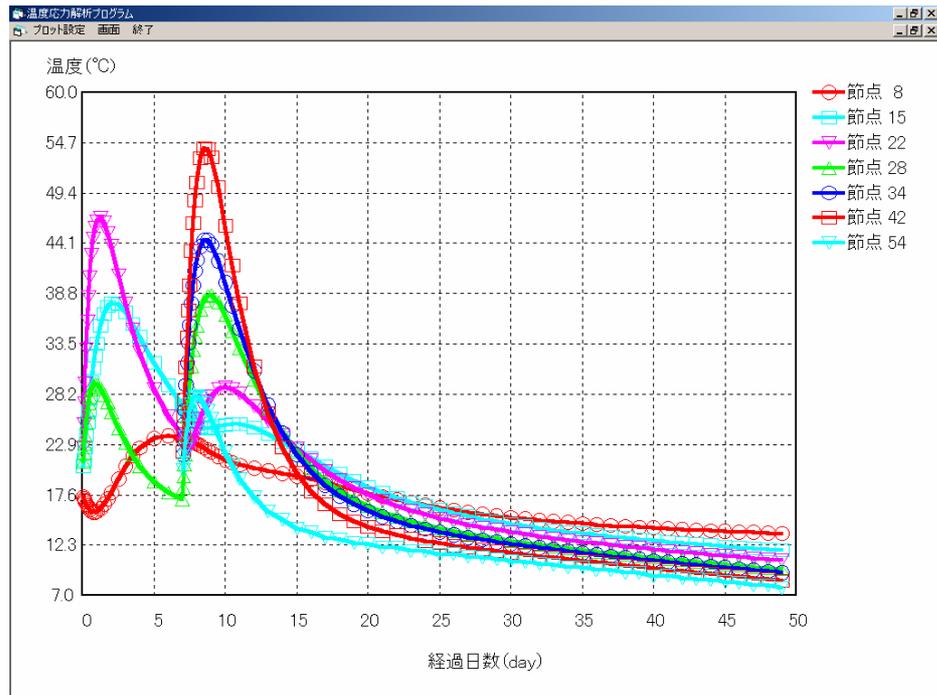


図-2.23 温度解析結果

次に、温度分布を選択すると、ステップ選択画面になり、選択したステップの温度分布図が表示される。

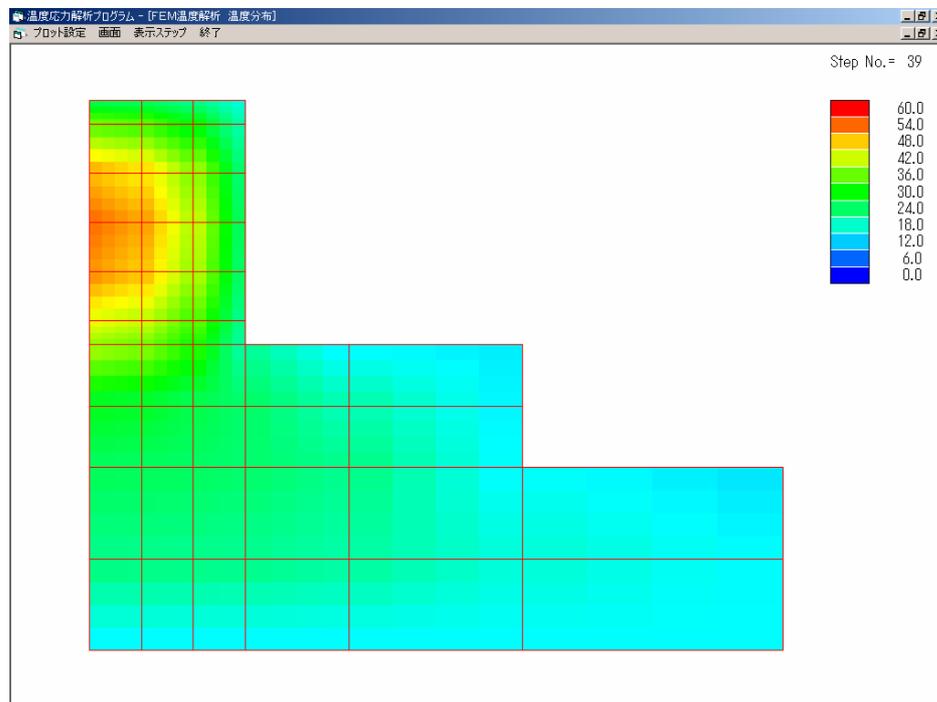


図-2.24 温度分布図

2-4 解析対象 (FEMひび割れ幅法)

マスコンクリートの温度応力解析プログラム (JCMAC2) の解析例 (FEMひび割れ幅法) として図-2.25 および図-2.26 に示すように、コンクリートスラブ上に壁が打設された時のコンクリートのひび割れ幅を求める。なお、この壁は左右対称とし、右半分のみ解析する。温度解析は、2次元FEM (4節点アイソパラメトリック要素) で行う。

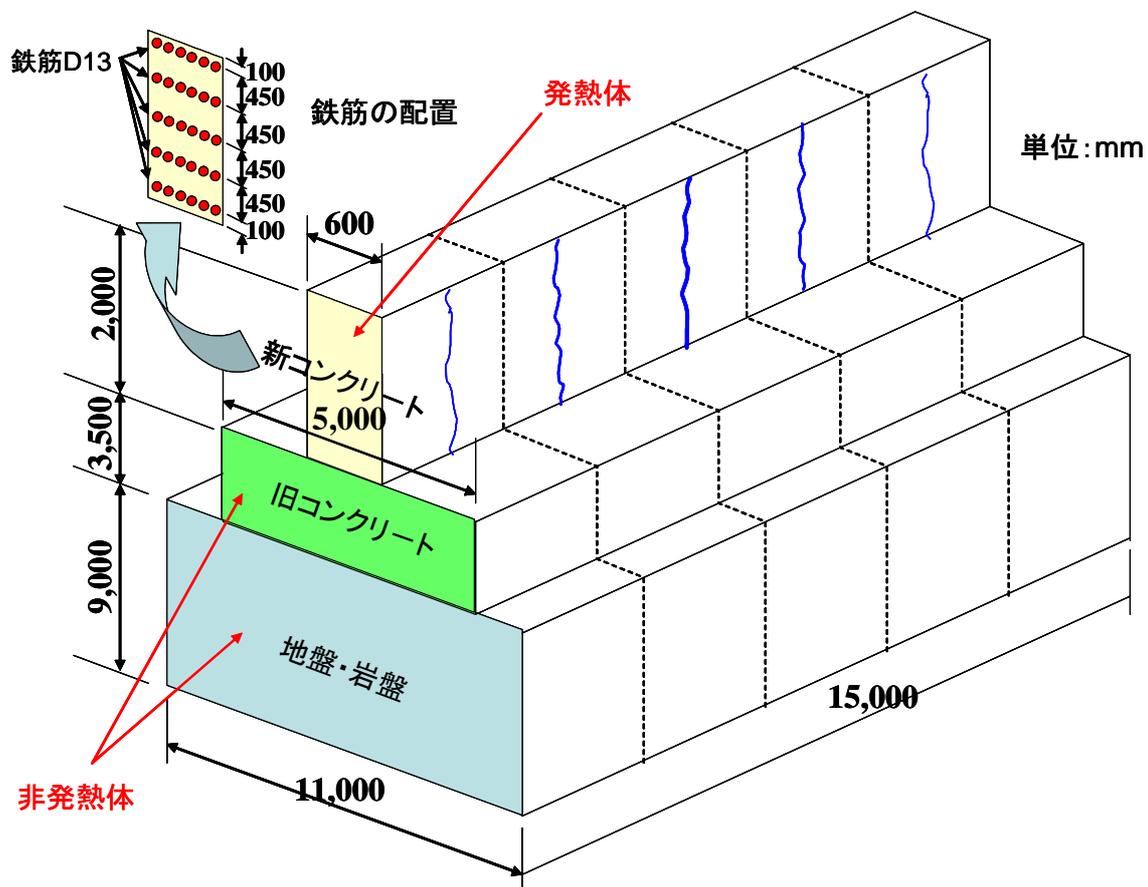


図-2.25 解析対象構造物 (奥行き方向 15,000mm)

2-5 解析条件と物性値

解析対象の壁状構造物は、東京都に打設されるものとする。コンクリートスラブは、既に打設されているものとし、非発熱体として扱う。なお、FEMひび割れ幅解析では、旧コンクリートを発熱体としては扱えないので、注意すること (バージョンアップにより扱えるように改良の予定)。壁部分は、4月1日に打設されたものとする。なお、解析は、4月30日まで行う。使用したセメントは、高炉セメントB種で、単位セメント量は、 300kg/m^3 、打設時の練り上がり温度は、 20°C である。温度解析に用いた熱特性値を表-2.1に示す。

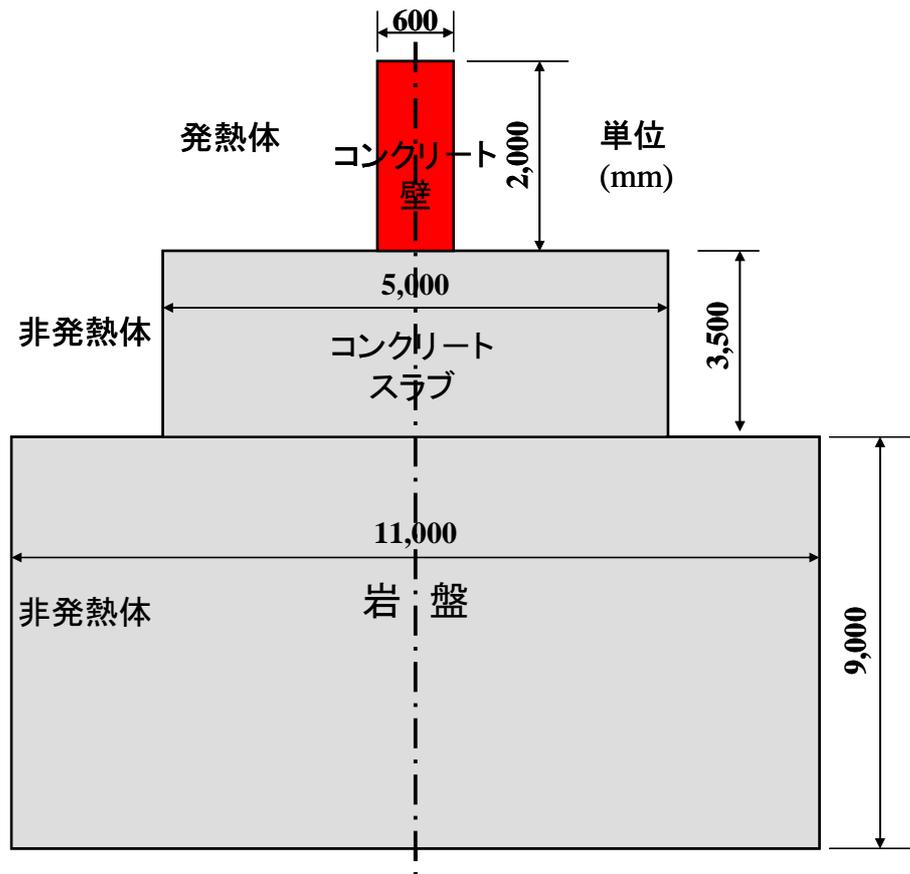


図-2.26 解析対象（右半分のみ解析）

表-2.1 温度解析の熱特性値

物性値	岩盤	コンクリート
初期温度	15°C	20°C
比熱	0.8 kJ/kg°C	1.3 kJ/kg°C
密度	2600 kg/m ³	2300 kg/m ³
熱伝導率	2.3 W/m°C	2.8 W/m°C

※コンクリート側面の熱伝達係数 打設後1週間まで 合板 (8 W/m²°C)
 1週間以後 露出面 (11 W/m²°C)
 その他の熱伝達係数 露出面 (11 W/m²°C)

解析対象構造物の有限要素メッシュを図-2.27 に示す。

2-6 温度解析の流れ

温度解析の流れは、2-3と同様である。

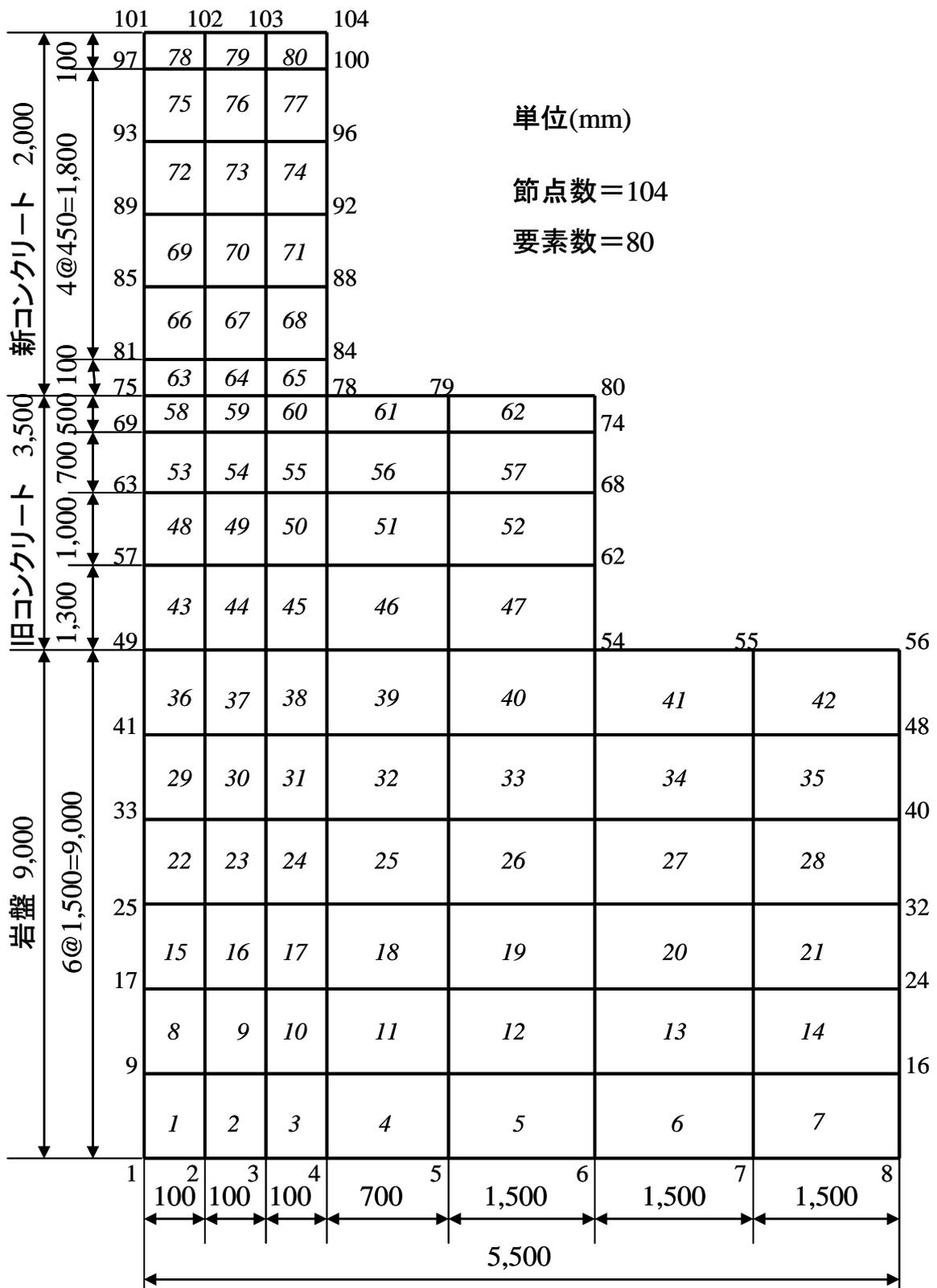


図-2.27 温度解析要素分割図

解析結果の出力

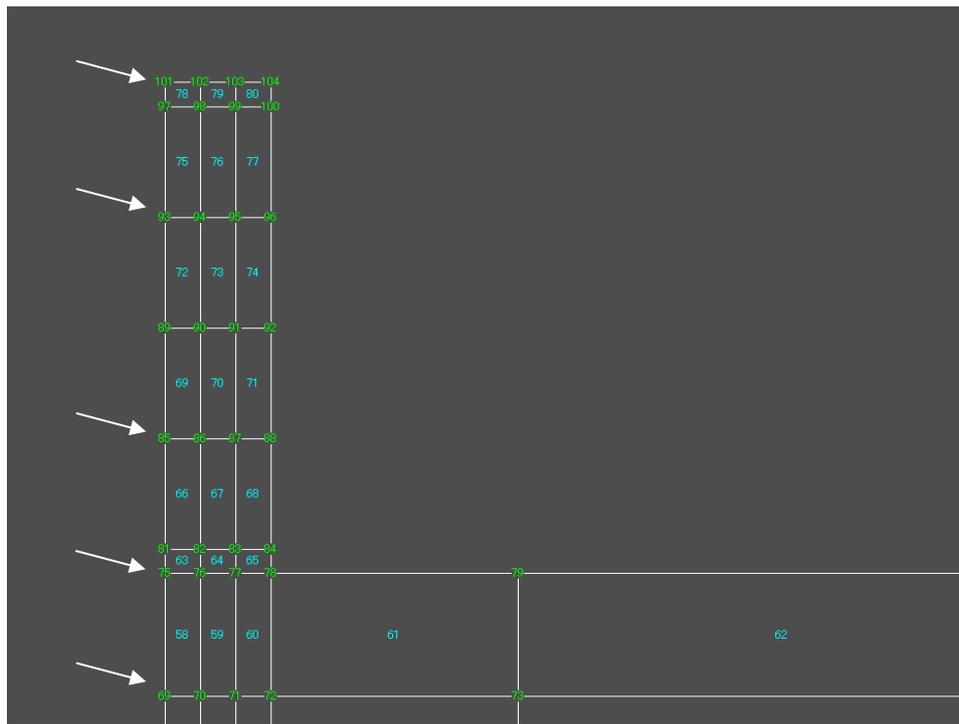


図-2.28 温度履歴出力位置

節点 69, 75, 85, 93, 101 の温度履歴を出力

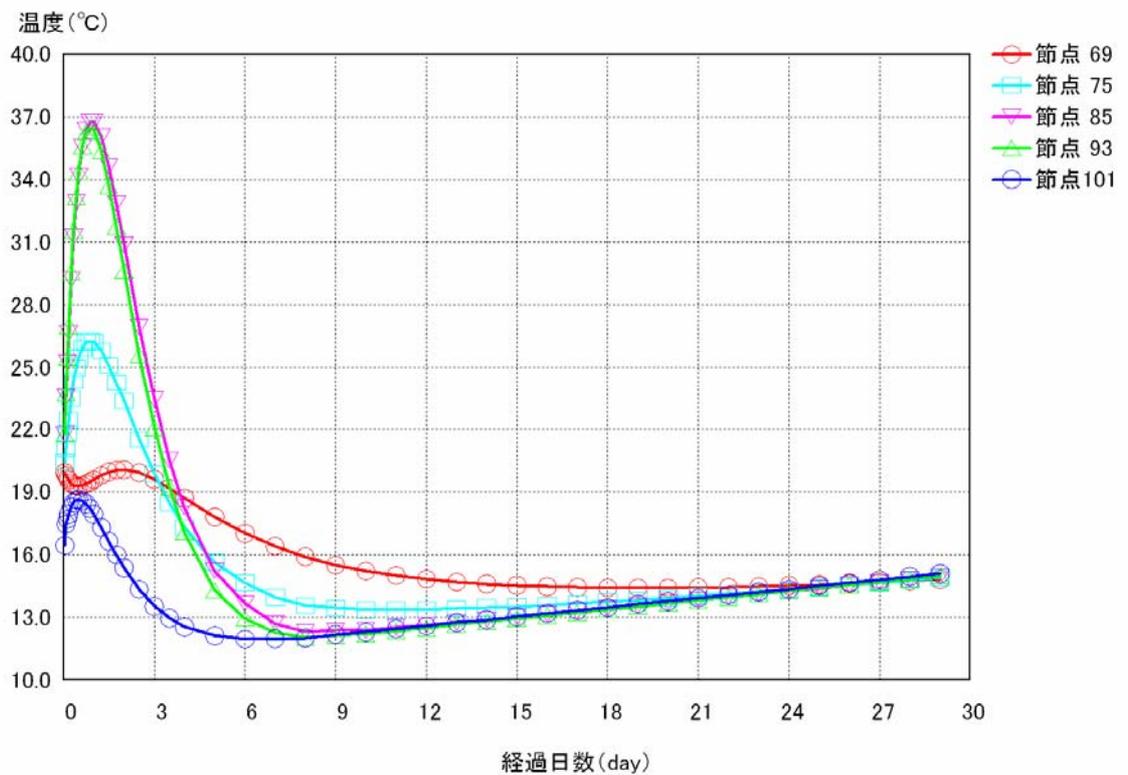


図-2.29 温度履歴

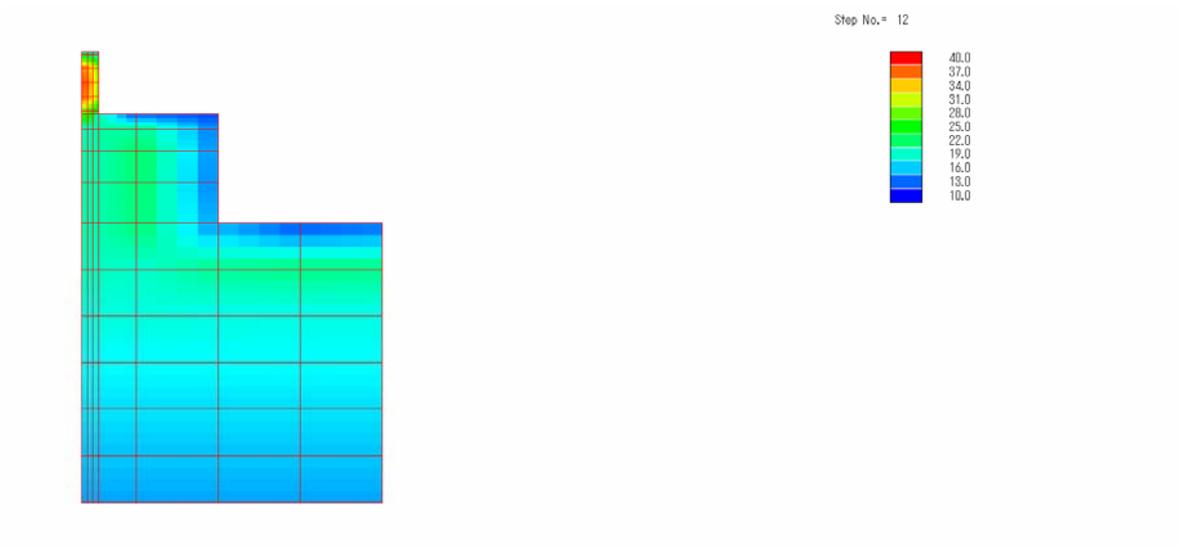


図-2.30 温度分布（ステップ 12, 材齢 1 日）