

JNC TJ7410 2005-010 /

図書室

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの構築

報 告 書

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

平成 16 年 2 月

三井鉱山エンジニアリング株式会社

2004年2月

瑞浪超深地層研究所における 坑内情報管理システムの構築

(平成15年度)

坂井 哲郎¹⁾

要 旨

超深地層研究所は、核燃料サイクル開発機構(以下、「サイクル機構」とする)が東濃鉱山とその周辺で行っている地層科学研究を一層拡充するために、サイクル機構が瑞浪市より貸与された用地の山野内・戸狩地区に建設を計画しているもので、地上施設と地下数100mから1,000mに至る地下施設とから構成される。

超深度の地下の研究施設建設に当たっては、通常の地上施設と異なり様々な特殊条件があるため、公開施設であることを踏まえて坑内環境と防災を十分に考慮した設計を行う必要がある。特に地上との出入り口が限られた条件下での通気システムや防災システムは、施設の根幹を為すものと考えられる。また研究坑道の掘削工事においては、坑内管理システムとして、それぞれが独立した①入出坑管理システム、②火災管理システム、③環境管理システム、④通信管理システム、の4つのシステムを構築する計画である。

本契約業務では、超深地層研究所研究坑道の通気・防災システムが効果的に機能するための坑内情報管理システムを構築することを目的としている。システムの機能は、気象データ、坑道から取得されたデータ・情報を運用することによって、常時坑内環境を監視し、万が一火災等の災害が発生した時に異常を早期に検知すると共に異常箇所を特定し、災害の影響範囲を予測して入坑者が安全に避難出来るルートを検索する。本年度においては、平成14年度に実施された坑内情報管理システムの調査および構築に引き続き、主として地理情報システム(GIS)を活用した避難ルート検索システムと基本機能の開発を行い、東濃鉱山のデータを用いて機能の検証を実施し、情報管理システムプロトタイプの構築を完成させた。

本報告書は、三井鉱山エンジニアリング株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：1506A00464

機構担当部課室：東濃地科学センター 施設建設グループ

1) 三井鉱山エンジニアリング株式会社 環境防災部

February, 2004

Study for Underground Information Management System of the Mizunami Underground Research Laboratory

Tetsuo Sakai¹⁾

ABSTRACT

The Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) is planned to be constructed at Yamanouchi-Togari site, Mizunami City. A wide range of geoscientific research and development activities, which have been performed in and around the Tono mine, is planned to be expanded in the laboratory. The MIU is consisted of the surface and the underground facilities down to the depth of about 1,000 meters.

Careful underground design should be planned for construction of MIU to keep comfortable working circumstance and disaster prevention because of its serious conditions such as quite a deep construction from the surface and opened laboratory to the public. Especially, suitable ventilation system and disaster prevention system are required to this laboratory under the condition of limited accesses to the surface. Under these conditions, construction of four independent information management systems are planned, i.e. a) man location system, b) disaster management system, underground environment management system, d) communication management system.

The purpose of this work targets to construct the Integrated Underground Information System of the MIU, which makes ventilation and disaster prevention system perform effectively. Functions of this system consist of as follows; monitoring of weather data and underground ventilation conditions, detecting unusual phenomenon and determination of the location and state of it, estimation of the influencable area of disaster, and searching the safest rout for human escape. This year, based on the study performed at 2002 fiscal year, mainly, the safest rout against carbon monoxide detecting system for escaping and borne program which performs fundamental function has been developed using Geographical Information System. Finally, the developed system has been verified using the data and information of Tono Mine.

This work was performed by Mitsui Mining Engineering Company Limited under contract with Japan Nuclear cycle Development Institute. (Contract number 1506A00464)

JNC Liaison : Shin-ichiro Mikake, Geoscience Facility Construction Group,
Tono Geoscience Center

- 1) Mitsui Mining Engineering Company Limited, Safety & Environment Engineering Department

2004年2月

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの構築
(平成15年度)

担当者一覧

実施責任者 三井鉱山エンジニアリング株式会社 保坂 駒雄

実施担当者 三井鉱山エンジニアリング株式会社 坂井 哲郎

研究業務担当 三井鉱山エンジニアリング株式会社 柿崎 厚

三井鉱山エンジニアリング株式会社 坂井 哲郎

三井鉱山エンジニアリング株式会社 奥園 昭彦

三井鉱山エンジニアリング株式会社 山寄 謙一

三井鉱山エンジニアリング株式会社 柏瀬 陽一

三井鉱山エンジニアリング株式会社 米山 明

2004年2月

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの構築
(平成15年度)

目 次

1. 業務の概要.....	1
1.1. 業務件名	1
1.2. 業務の目的	1
1.3. 業務の範囲	1
1.4. 業務概要	2
1.4.1. 坑内情報の管理システムの構築	2
1.4.2. 通気異常特定システムの構築	2
1.4.3. 火災影響範囲予測システムの構築	3
1.4.4. 避難ルート検索システムの構築	3
1.4.5. 情報表示システムの構築	4
1.4.6. 報告書作成	4
1.5. 坑内情報管理システムの構築作業手順	5
1.5.1. 作業手順	5
1.5.2. 作業フロー	5
1.6. 業務場所	7
1.7. 業務実施体制	7
1.8. 特記事項	7
2. 坑内情報管理システムの基本概念	8
2.1. 地下施設の情報管理の概念	8
2.2. 地下施設の具備すべき情報管理機能	10
2.2.1. 情報管理システムの具備すべき基本機能	10
2.2.2. センサによる集中監視	11
2.2.3. 情報統合管理による異常把握、最適通気制御	12
2.3. 地下施設の情報管理システムの分類	14
2.3.1. 情報管理の機能による分類	14
2.3.2. 情報処理システム別の概要と特徴	15
2.3.3. 坑内情報処理システムの選定基準	16
2.4. 平成14年度業務の概要	18
2.4.1. 坑内情報の管理システムの事例調査及び構築	18

2.4.2. 通気異常特定システムの構築.....	18
2.4.3. 火災影響範囲予測システムの構築.....	19
2.4.4. 避難ルート検索システムの構築	20
2.4.5. 情報表示システムの構築	21
3. 坑内情報管理システムの構築	22
3.1. 坑内情報管理システムの基本機能	22
3.1.1. 基本機能	22
3.1.2. 機能構築に必要な情報	23
3.2. 坑内情報管理システムの基本機能	27
3.2.1. システム概要.....	27
3.2.2. 基本構成	27
3.3. センサ・固定データ管理ブロック	31
3.3.1. 固定情報	31
3.3.2. 監視情報	32
3.4. 情報処理・解析ブロック	34
3.4.1. 通気異常特定システム	34
3.4.2. 火災影響範囲予測システム	34
3.5. GIS システム.....	37
3.5.1. データベースマネージメントシステム（DBMS）	37
3.5.2. 分析機能	37
3.5.3. Graphical User Interface (GUI)	39
3.5.4. 制御・指示機能	40
3.6. 防災マニュアル	42
3.6.1. 防災マニュアルの概要	42
3.6.2. 防災マニュアルの構成	42
3.6.3. 電子防災マニュアルの機能	44
4. プロトタイプの設計・開発	46
4.1. センサ・固定データ管理ブロック	46
4.1.1. 変動データ管理システム	46
4.1.2. 固定データ管理システム	47
4.2. 情報処理・解析ブロック	48
4.2.1. 処理の流れ.....	48
4.2.2. 異常検知システム	56
4.2.3. 熱環境解析における画面説明（平常時）	61
4.2.4. 熱環境解析における画面説明（火災時）	68
4.2.5. 解析結果	78

4.2.6. 実行経過ログ	80
4.2.7. 異常箇所特定システム	82
4.2.8. 火災影響範囲予測システム	82
4.3. GIS システム	90
4.3.1. データベースマネージメントシステム(DBMS)	90
4.3.2. 分析機能	107
4.3.3. GUI (Graphical User Interface)	113
5. 今後の課題と対応	126
5.1. 瑞浪超深地層研究所への適用に対する課題	126
5.1.1. DBMS (Database Management System)	126
5.1.2. 機能	126
5.2. 電子防災マニュアルの構築	127
5.3. 操作検証により明らかとなった課題	128
5.3.1. 異常検知	128
5.3.2. データ受け渡しタイミング	128
6. まとめ	129

2004年2月

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの構築
(平成15年度)

図　　目　　次

図 1.5-1 作業フロー	6
図 2.1-1 集中監視計測系統図(例)	9
図 2.2-1 情報管理システムの概念	11
図 3.1-1 坑内情報管理システム基本機能情報処理概念フロー	26
図 3.2-1 情報管理システム概念図	29
図 3.2-2 坑内情報管理システム	30
図 3.5-1 最適退避ルート分析概念図	38
図 3.5-2 システム画面設計展開図	40
図 3.6-1 監視装置異常掌握マニュアル (例)	43
図 3.6-2 避難誘導マニュアル (例)	43
図 3.6-3 救助隊マニュアル (例)	44
図 3.6-4 電子防災マニュアルの機能	45
図 4.2-1 プロトタイプシステムの開発フロー図	49
図 4.2-2 プログラムの処理流れおよび入出力ファイル図	50
図 4.2-3 アプリケーションの設定	61
図 4.2-4 監視計測値ファイルおよび結果ファイルの設定	62
図 4.2-5 実行制御パラメータの設定	63
図 4.2-6 実行結果ログの表示	64
図 4.2-7 自動実行の開始	65
図 4.2-8 実行停止	66
図 4.2-9 実行終了	67
図 4.2-10 アプリケーションの設定	68
図 4.2-11 監視計測値ファイルおよび結果ファイルの設定	69
図 4.2-12 実行制御パラメータの設定	70
図 4.2-13 火災時解析の開始	71
図 4.2-14 実行結果ログの表示	72
図 4.2-15 自動実行の開始	73
図 4.2-16 実行停止	74

図 4.2-17 実行終了	75
図 4.2-18 火災時解析結果ファイル印刷	76
図 4.2-19 異常検知後の警告画面	77
図 4.2-20 火災時解析開始時	78
図 4.2-21 火災時解析終了時	79
図 4.3-1 データフロー図	91
図 4.3-2 坑内データ受け渡し方法	93
図 4.3-3 坑外データ受け渡し方法	94
図 4.3-4 熱環境解析データ受け渡し方法	94
図 4.3-5 火災時解析データ受け渡し方法	95
図 4.3-6 坑道定義	98
図 4.3-7 グラフ探索による経路探索例	107
図 4.3-8 退避ルート分析	108
図 4.3-9 退避ルート抽出 1	109
図 4.3-10 退避ルート抽出 2	110
図 4.3-11 ルートのパターン化	110
図 4.3-12 退避ルート検索総合評価	112
図 4.3-13 システムメイン画面	113
図 4.3-14 メニュー展開図	114
図 4.3-15 システム状況	115
図 4.3-16 情報コントローラー	115
図 4.3-17 3D センサ表示画面	116
図 4.3-18 熱環境解析節点表示	117
図 4.3-19 熱環境解析区間表示	117
図 4.3-20 退避ルート 3D 表示	118
図 4.3-21 情報表示画面	119
図 4.3-22 情報表示個別センサ時系列表示	119
図 4.3-23 個別センサトレンドグラフ	119
図 4.3-24 職員管理マスター画面	120
図 4.3-25 坑道区間管理マスター画面	121
図 4.3-26 坑道規格マスター画面	121
図 4.3-27 坑道節点管理マスター	122
図 4.3-28 歩行速度区分マスター	123
図 4.3-29 入坑者メンバー管理	123
図 4.3-30 入坑者グループ管理	124
図 4.3-31 ログ管理	125

2004年2月

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの構築
(平成15年度)

表 目 次

表 1.5-1 作業スケジュール表	5
表 2.3-1 情報処理システムの分類	14
表 3.1-1 坑内情報の整理とモデルへの対応	25
表 4.2-1 通気網解析のディレクトリ構成表	51
表 4.2-2 東濃鉱山坑外、坑内センサ計測値が保存されているディレクトリ構成 表	51
表 4.2-3 東濃鉱山通気網解析システムプログラムが使用するディレクトリの構 成表	52
表 4.2-4 東濃鉱山坑外気象データのディレクトリ構成表	52
表 4.2-5 GISに渡すファイル項目 (XMLファイル)	53
表 4.2-6 統計解析の例	58
表 4.2-7 坑内情報許容値：坑道毎の許容上限値テーブル (例)	58
表 4.2-8 時間による異常判定 (例)	59
表 4.2-9 火災時解析結果総括	88
表 4.2-10 通気制御パターン	89
表 4.2-11 通気制御方式の設定	89
表 4.3-1 職員等システム管理定義	96
表 4.3-2 システム管理テーブル定義	97
表 4.3-3 坑道情報テーブル定義1	99
表 4.3-4 坑道情報テーブル定義2	100
表 4.3-5 センサ情報テーブル定義1	101
表 4.3-6 センサ情報テーブル定義2	102
表 4.3-7 解析情報テーブル定義	103
表 4.3-8 マンロケーションテーブル定義1	104
表 4.3-9 マンロケーションテーブル定義2	105
表 4.3-10 入坑者情報テーブル定義1	106
表 4.3-11 ルート別危険度	111

1 業務の概要

1.1 業務件名

瑞浪超深地層研究所における坑内情報管理システムの構築

1.2 業務の目的

核燃料サイクル開発機構(以下、「サイクル機構」とする)が計画している超深地層研究所研究坑道は、深度約 1,000m に達する超大深度立坑と水平坑道からなり、立坑と水平坑道は様々な深度で接続されることになる。本業務では、類似の地下坑道(トンネル、鉱山など)での坑内情報管理システムを構築する。

研究坑道掘削工事においては、坑内管理システムとして、それぞれが独立した次の 4 つのシステムが構築される。

- ①入出坑管理システム
- ②火災管理システム
- ③環境管理システム
- ④通信監視システム

本業務では、平成 14 年度に実施された坑内情報管理システムの調査および構築を踏まえ、引き続き、これらのシステムを連鎖させ坑道から取得されたデータ、情報を運用出来るシステムの構築を行う。

1.3 業務の範囲

(1) 坑内情報の管理システムの構築

(2) 通気異常特定システムの構築

2 (3) 火災影響範囲予測システムの構築

(4) 避難ルート検索システムの構築

(5) 情報表示システムの構築

(6) 報告書作成

2.1 業務概要

2.1.1 坑内情報の管理システムの構築

坑内において防災上必要となる情報管理システムについて、超深地層研究所の研究坑道における坑内情報を管理するために必要な基本的な機能を構築する。基本機能の構築においては、平成 14 年度に策定された情報管理システムのあり方についての基本計画に基づき、基本設計を策定する。

システムの構築においては、汎用の地理情報システム(Geographical Information System・GIS)である Arc View を情報管理ツールとして用い、情報統合化、判断基準の設定機能、表示機能を持たせると共に、サブシステムとして汎用の通気網解析プログラム(風丸&温太 Windows 版)を用いた解析ブロック、その他のサブシステムから構成する。

システムの検証にあたっては、東濃鉱山の坑内データ(通気データ、気象データ、マンロケーションデータ等の既存データ)を利用して、超深地層研究所の施工段階ごとに適用可能な 1.4.2~1.4.5 で記載した基本機能と表示システムを構築するものとする。

2.1.2 通気異常特定システムの構築

(1) 通気異常判断システムの構築

通気網解析結果と坑内通気センサからの計測データを比較することで坑内の異常を検知するシステムを構築する。

比較の対象となる計測データは、風量(風速)、温度、湿度、絶対圧力があるが、ここでは最も取り扱い易い風量を対象とする。解析は有意な気象変化と考えられる特定時間ごとにリアルタイム通気網解析を行い、計測データとの比較によって異常が検知された時に、計測値を坑内異常箇所と原因特定を行うシステムに送り込むプログラムを開発する。この時、初期の火災で風量変化よりも CO や煙の検知により火災の発生が予想された時の対応についても検討する。

本年度においては、平成 14 年度に構築された基本計画について、開発した骨格プログラムの改善を行うと共に、東濃鉱山の既存データをインプットして機能の検証を行う。

(2) 坑内異常箇所の検索システムの構築

センサが設置されている通気回路で異常が発生した場合の風量変化パターンを、事前に異常状況毎にシミュレーションした異常状況パターンデータベ

ースの風量と比較し、最も良く一致したパターンから異常発生箇所を想定する異常検知プログラムを開発する。本年度は平成 14 年度に開発・検証されたプログラムについて、より火災に対応し易いプログラムへの改造を行う。

(3) 坑内異常ルート検索システムの構築

センサが設置されている坑道の風量が変化した時に発生する圧力変化から、異常が発生した通気回路(ルート)を想定する異常検知プログラムを開発する。本年度は平成 14 年度に開発・検証されたプログラムについて、より火災に対応し易いプログラムへの改造を行う。

(4) 坑内異常箇所及び原因特定システムの構築

坑内の特定箇所で異常(火災)が発生した時の風量と圧力変化をシミュレーションし、データベースとして蓄積するシステムを開発する。異常発生源(火源)と異常状況(火災温度)は、設備設置状況や可燃物によって想定する。本年度は平成 14 年度に開発・検証されたプログラムについて、より火災に対応し易いプログラムへの改造を行う。

2.1.3 火災影響範囲予測システムの構築

(1) 最適通気制御方式検索システムの構築

事前に種々の通気制御パターンと火源及び状況を組み合わせたシミュレーションを行いデータベースに蓄積し、特定された火源及び状況に対し避難ルートと避難時間を確保するのに最も適した通気制御方式を検索するシステムを構築する。本年度は平成 14 年度に実施した東濃鉱山の特定箇所における火災を想定した模擬信号を拡充し、データベースを構築する。

(2) 火災影響範囲予測システムの構築

通気制御時の火災時解析によって得られた火災ガスフロントの挙動から、時間経過毎の火災影響範囲を自動的に予測するシステムを開発する。本年度は平成 14 年度に開発したプログラムについて、複数の模擬信号を与えて機能の検証を行う。

2.1.4 避難ルート検索システムの構築

(1) 避難シミュレーションシステムの構築

入坑者ごと(入坑者グループの位置ごと)の避難ルートごとの避難に要する時間

を求める、火災影響範囲から避難中の入坑者が受ける危険度を求める、最も危険度が小さいルートを決定する避難シミュレータを構築する。ここで、危険度は遭遇する火災ガスの CO 濃度、遭遇時間、高低差を考慮した疲労度などから求めた避難者の血中 CO 濃度をパラメータとする。

本システムは GIS の分析機能を活用し、避難の出発点と到達点をあらかじめ想定してルートごとの危険度を算出、評価するシステムとする。

本年度は平成 14 年度に構築した基本計画に基づき、GIS プログラムの開発を行う。

(2) 避難方法指示システムの構築

決定された最適避難ルートを通信設備への自動送信手段により入坑者に指示するシステムを構築する。通信設備は PHS、電話、ID タグ、誘導無線方式など複数の手段で個別通信、一斉通信に対応出来ることを念頭に置き基本設計を策定する。

(3) 通気制御指示システムの構築

火災影響予測ブロックで求められた最適通気制御方法に基づき、通気設備を稼働させる通気制御シミュレータを構築する。制御する通気設備の対象としては、通気門の扉及び開口部の開閉、ファンの運転、停止、逆転とし、本年度はこれらの制御信号を出すためのシステムの基本設計を行う。

2.1.5 情報表示システムの構築

下記の情報を GIS 上で表示するシステムを構築する。

- ① 通気情報常時表示
- ② 火源・状況表示
- ③ 火災影響範囲表示
- ④ 避難ルート表示
- ⑤ その他必要情報表示

2.1.6 報告書作成

超深地層研究所における坑内情報管理システムの構築に関し報告書形式に纏めると共に、システム開発の結果を記載した報告書を作成する。

2.2 坑内情報管理システムの構築作業手順

2.2.1 作業手順

表 5.4-1 に作業スケジュール表を示す。

表 5.4-1 作業スケジュール表

	9月	10月	11月	12月	1月	2月
基本設計		■				
システム設計		■				
通気異常特定システムの構築			■	■		
火災影響範囲予測システムの構築			■	■		
避難ルート検索システムの構築				■	■	
情報表示システムの構築			■	■	■	
システム総合検証						■
報告書作成					■	■

2.2.2 作業フロー

図 5.4-1 に坑内情報管理システム構築作業フローを示す。

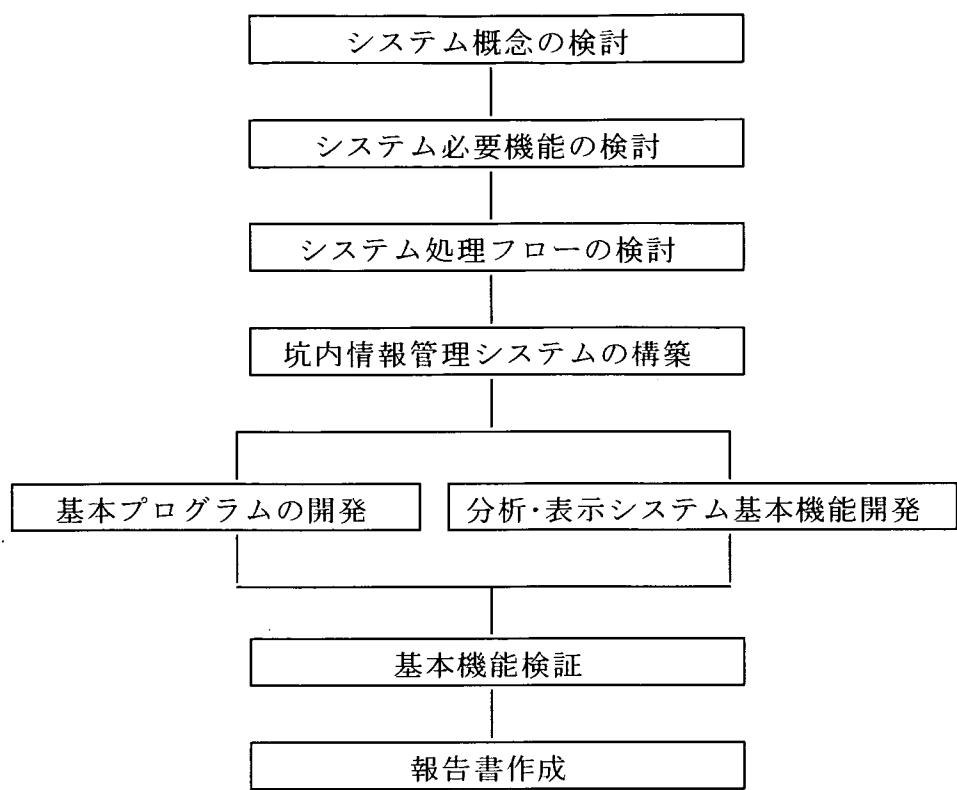


図 5.4-1 作業フロー

2.3 業務場所

〒104-0032 東京都中央区八丁堀1丁目13番10号
三井鉱山エンジニアリング株式会社

2.4 業務実施体制

実施責任者 核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター
施設建設グループ

実施者 三井鉱山エンジニアリング株式会社

<u>統括・精査</u>	<u>担当者</u>	<u>作業内容</u>
	環境防災部	－ 計画・プログラム開発・解析
専務取締役	資源開発部	－ 設備機器計画
	地質部	－ GIS プログラム設計・開発
	事務部	－ 契約業務、経理業務

2.5 特記事項

本報告書において用いている「構築」とは計画の策定・立案を意味し、「開発」とはプログラム作成を意味する。

3 坑内情報管理システムの基本概念

3.1 地下施設の情報管理の概念

坑内情報の監視の前提となるのが情報の収集と情報伝達である。情報伝達手段としては、有線通信(電話、信号など)と無線通信がある。無線通信は、複雑、かつ広範囲にわたる坑内条件と移動性の面で、伝送線を使用しない点が優れている。しかし 10 kHz 以上の高周波の使用が条件となり、電波の減衰を防止するため、我が国の炭鉱においては誘導線の敷設による相互無線通信が一般的に行われてきた。一方、定置式センサ類からの情報伝送には有線が用いられるが、近年では確実・迅速性が要求されるため、メタルケーブルに替わり減衰の少ない同軸ケーブルや大容量高速通信が可能な光ファイバーケーブルが使用されるようになってきた。しかしフレキシビリティに欠ける等の問題もあり、目的に応じて適切な伝送ケーブルを選定する必要がある。

坑内各所に設置された設備やセンサからの情報を、現場から遠く離れた箇所まで伝送し、集中的に監視するのが集中監視である。このため少数の人員で情報全体を統括することが出来るため、より円滑、かつ効果的な運営が可能となる。監視項目の対象としては、単に電気的な ON-OFF 信号や計測値の集中監視のみならず、坑内各所の通気状況がガス濃度など、坑内環境、保安状況、切羽設備の稼働状況など多様である。これらの情報は単に監視されるだけでなく、例えばコンベア類の連合運転や非常時の対応など遠隔操作の必要が有る場合もあり、これを集中して行うことにより、少人数による効果的かつ合理的な設備制御が可能となる。このため、情報監視と制御を合わせて、情報管理と称することにする。

集中監視を行う場所は、現場単位管理の場合に作業現場周辺におかれる場合もあるが、一般には坑外の中央管理室(または指令室)である。これは、通常時の管理のみならず、異常時に管理者判断が要求される場合、容易に対応が可能となるためである。このとき、坑内各所に設置されたセンサからのデータは、ブロックごとに送信制御箱により中央管理室に伝送され、受信制御箱を介してコンピュータに送られ処理されて、監視や警報、制御等が可能な情報に置き換えられる。これを情報処理と称する。従って情報管理とは、坑内からの情報の収集、伝送、情報処理、監視、警報、制御等を含んだ一連のシステムを指す。

中央管理室を中心とした監視、計測、制御、指令系統の代表例を図 5.4-1¹⁾に示す。この例では、坑内保安関係諸設備、メタンガス誘導プロア、巻揚機、採炭切羽諸設備、先端設備、坑口暖房設備などに対してはコンピュータによる監視、計測機能を具備し、主要扇風機、圧縮機、排水設備、揚水設備、発電・変電・配電設備、ベルトコンベアの諸設備は監視、計測、制御機能を完備している。また坑内全域に誘導無線を配備し、一斉通話が可能となっている。

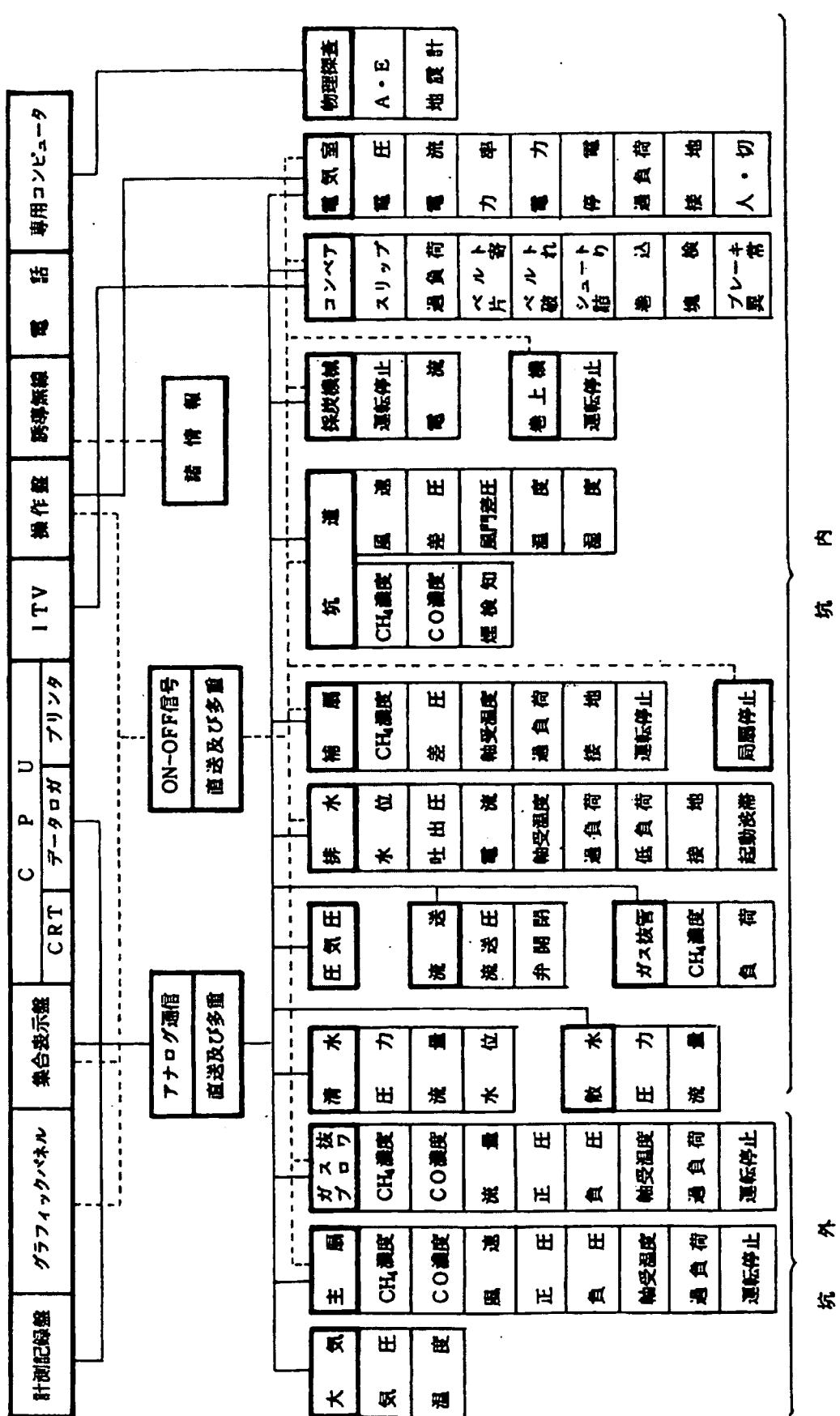


図 5.4-1 集中監視計測系統図(例)

3.2 地下施設の具備すべき情報管理機能

3.2.1 情報管理システムの具備すべき基本機能

煙や異臭など、災害が発生したことによる異常現象が明確な場合は、人間が感知することができる。しかし、長大な坑道網から構成される地下施設の全域を、當時人間が監視し極めて初期の段階で異常状態を発見することはできない。従って設備による坑内情報の収集及び管理する総合的なシステムの構築が必要である。

情報管理システムは、坑内に設置された各種センサによる集中監視と、地上に電送された情報を適切に統合管理し、通気制御、避難指示、消火等を行う防災対策から構成される。

地下施設が具備すべき情報管理システムの基本機能としては、平常時における機能と異常時における機能に分類される。

(1) 平常時の基本機能

平常時においては、地下施設坑内の環境を良好に維持するために必要な情報の収集と処理、監視および蓄積を行うことが基本機能である。同時に異常の検知、制御等に資するための平常時の様々な情報の蓄積も重要な基本機能である。これらの情報は地下施設の規模が大きくなるにつれ、また構造が複雑になるにつれ、情報量と種類が膨大となるため、データベースマネージメントシステムで管理することが適切である。

(2) 異常時の基本機能

万が一異常が発生した時には、異常を早期に検知し、異常の発生箇所とその状況を把握し、入坑者が安全に避難すると共に被害の拡大防止のための措置を取る必要がある。最終的には管理者が避難指示や通気制御、消火指示等の判断を行うが、情報管理システムはそのための判断支援の役割を果たすものである。このために必要な基本機能としては、平常時に蓄積された情報と異常情報を分析し、リアルタイム且つ正確な情報群を管理者の判断に有用に提供することができるよう、情報の統合化が必要である。

図 5.4・2 に地下施設における坑内情報管理システムの情報フロー図を示す。

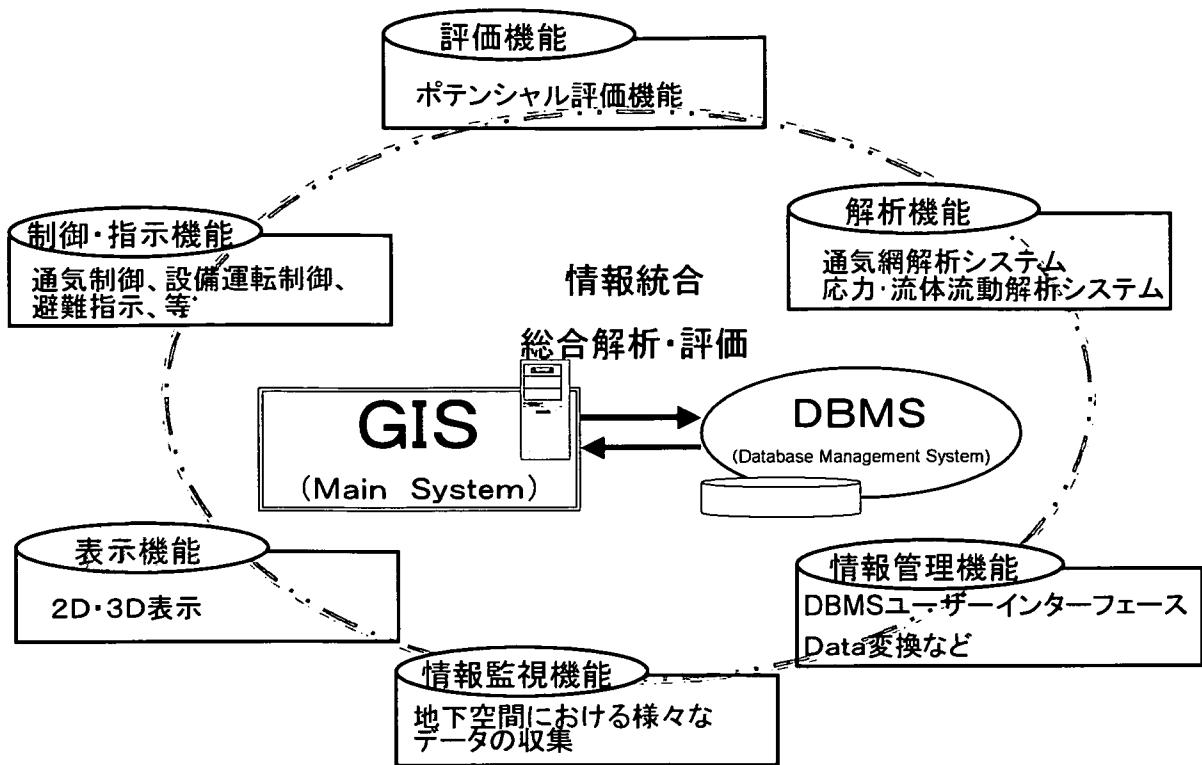


図 5.4-2 情報管理システムの概念

3.2.2 センサによる集中監視

まず、地下施設の自然環境の特徴を挙げる。

- 堆積岩系の地層では爆発危険性のある可燃性ガスが存在することがある
- 温度、湿度、粉塵、水等の周辺環境が厳しい
- 落盤等による機械的な衝撃や損傷を受ける可能性がある
- 作業（研究）箇所が随時移動する

これらの特徴を考慮して、必要なセンサの種類と設置箇所を記すと以下の通りである。

- 火災発見用
 - ◆ 酸化炭素センサ：主要排気坑道、火災発生源となり得る機械設備類付近
 - ◆ 温度センサ：稼動設備の原動機軸受け部
 - ◆ 煙感知器：一酸化炭素センサの補完
- 坑内環境センサ
 - ◆ 風速・温湿度センサ：坑内主要通気回路

- ◆ 差圧センサ：主要風門
- 入昇降管理、マンロケーション
- ◆ 入昇降管理：昇降設備のある坑口
- ◆ マンロケーション：入坑者全員又は引率担当者

具体的には、地下施設の坑道配置、設備配置及び試験研究箇所等を考慮して、必要な箇所（最も適切な箇所）に配置し、地上にて集中的に監視するシステムとする必要がある。

3.2.3 情報統合管理による異常把握、最適通気制御

(1) 情報統合管理の目的

坑内の情報を中央情報管理センターに伝送・処理して異常を早期に検知し、通気制御により安全区画を確保すると共に、入坑者が安全に避難するのに適切な指示を与えるための情報を提供する。

(2) 情報処理の機能

情報処理の機能としては下記のものがある。

- 坑内情報の検知・伝送
- データの処理
- 坑内状況の監視、警報
- 異常状態の原因と異常発生箇所の特定
- 通気制御方法の表示、通気制御指令
- 異常状態の予測
- 避難所と避難路の表示、指示
- 消火方法の表示、自動消火

(3) 情報処理システムの構成

上記の情報処理機能を兼ね備えた情報処理システムは、下記の項目から構成される。

- 情報検知系：各種センサによる坑内環境などの検知
- 伝送系：検知データの送信、管理センターへの伝送、受信
- データ処理系：受信データの分析、蓄積、表示、監視、情報検索と異常判断

- 解析系：通気網解析、火災時解析などによる現状把握、予測
- 制御系：通気制御指令、避難指示、消防設備制御指示

情報処理システムを機能により分類すると、次のようになる。

- 監視機能
- 異常判断機能
- 通気制御機能
- 避難指示機能
- 消火指示機能

これら機能毎の処理レベルと処理方法の組み合わせにより、地下施設の具体的なレイアウト及び研究内容に応じた適切なシステムの構築が必要である。

3.3 地下施設の情報管理システムの分類

3.3.1 情報管理の機能による分類

情報処理の機能を 4 つに分類し、機能毎の処理方法の機能レベルを示す²⁾（表 5.4-1 参照）。

表 5.4-1 情報処理システムの分類

通気制御・消火 商法処理システム		処理方法	得失
(a) 情報統合化 管理システム	① 監視機能 ② 異常判断機能 ③ 通気制御機能 ④ 避難指示機能 ⑤ 消火指示機能	中央管理室で集中監視 コンピュータが総合判断 自動通気制御 コンピュータが自動判断 自動+遠隔	システム開発途上 システム開発途上
(b) 集中監視・制御 システム(独立型)	① 監視機能 ② 異常判断機能 ③ 通気制御機能 ④ 避難指示機能 ⑤ 消火指示機能	中央管理室で集中監視 コンピュータが総合判断 自動通気制御 コンピュータが自動判断 自動+遠隔	マニュアル整備、訓練が重 要
(c) 集中監視 現場制御	① 監視機能 ② 異常判断機能 ③ 通気制御機能 ④ 避難指示機能 ⑤ 消火指示機能	中央管理室で集中監視 コンピュータが総合判断 自動通気制御 コンピュータが自動判断 自動+遠隔	時間と人手を要し、判断困 難 通気制御困難 マニュアル整備、純練瓦重 要 完全消火困難
(d) 集中監視なし	① 監視機能 ② 異常判断機能 ③ 通気制御機能 ④ 避難指示機能 ⑤ 消火指示機能	中央管理室で集中監視 コンピュータが総合判断 自動通気制御 コンピュータが自動判断 自動+遠隔	総合判断困難 時間と人手を要し、判断困 難 通気制御困難 避難指示困難 完全消火困難

① 監視機能—現場監視型、中央管理室での集中監視型

現場監視型は情報処理システムを必要としない。従って集中監視型しか選定対象とならない。

② 異常判断機能—現場の人間による調査・判断、コンピュータによる判断

両者共に選定対象となり得る。コンピュータによる判断を主体とし、現場の人間による調査・判断により補助する方法もある。

③ 通気制御機能—現場の人間による手動制御、自動制御

異常状態においては、現場の人間による手動制御は不可能な場合が多い。
自動制御の選定が必須となる。

④ 避難指示機能—現場判断、自動判断

現場では広域的な情報収集が不可能で、誤った判断を下すおそれがある。
従って、中央管理室判断ないし自動判断の選定が必須となる。

⑤ 消火指示機能—現場判断による手動消火、中央管理室からの遠隔消火、自動
消火または遠隔消火と自動消火の併用

消火対象によって消火方法は異なる。従って消火指示機能のレベルは必ずしも選定基準とはならない。

3.3.2 情報処理システム別の概要と特徴

情報処理システムに持たせる機能は、上記の 5 つの機能と処理方法の組み合わせとなるが、妥当な機能と処理機能レベルの組み合わせにより下記の 4 つに集大成した。その概要と特徴は下記の通りである。

(a) 情報統合化管理システム

坑内環境情報、入坑者情報、設備情報など全ての坑内情報を統合化管理し、全てコンピュータにより総合判断および自動制御を行うシステム。瞬時の対応が可能である。技術開発要素を含む。今後の地下情報処理のあるべき姿。

(b) 集中監視・制御システム(独立型)

全ての坑内情報は中央管理室で管理されるが、それぞれの情報が独立している。個々の判断はコンピュータで可能であるが、総合的な最終判断および指示は人間に依存する。基本的技術は確立している。従って既存技術型、従来型と

も言える。

(c) 集中監視モニタリング・警報・現場手動通気制御

情報は火災などの災害の検知と中央管理室での監視に止まり、中央管理室では異常の発生のみを警報で知る。異常の原因、箇所の特定、状況の把握は全て現場の人間からの情報に依存し、判断は中央管理室より現場が優先する。避難指示、通気制御・消火は現場で行う。

(d) 集中監視無し

異常の発見から情報の収集、異常の判断、通気制御、避難指示、消火は全て現場で行う。

3.3.3 坑内情報処理システムの選定基準

地下施設、特に超深地層研究所の特殊性は下記の通りである。

- ① 地上との連絡路が限定され(2本)、1,000 mと深度が大きいために、異常状態に際し簡易に地表脱出が出来ない。
- ② 深度が深く、立坑主体のレイアウトであるために、自然通気圧が強く働き、通気状況が不安定。機械通気による通気管理と通気制御が必須。災害発生から坑内全体への影響速度が速い。
- ③ 公開施設であるため、教育・訓練を十分に受けていない特定多数の入坑者が対象。従って最大限の防災システムの構築と災害弱者への配慮が必要。

上記の観点から瑞浪超深地層研究所のような特定多数の見学者や研究者が入坑する公開施設の保有すべき情報処理システムの選定条件としては、①適切な判断を、②短時間のうちにを行い、③時宜を得た通気制御、避難指示、消火、ができる機能を有している必要がある。

平成14年の瑞浪超深地層研究所実施設計では、集中監視がない現場監視型の(d)については、選定の対象とはならない。次に通気制御機能や避難指示機能が現場に依存する(c)についても選定の対象としては適切でない。従って、現場の人間に依存せず瞬時の情報の収集と判断が可能な機能を有する(a)情報統合化管理システム、または(b) 集中監視・制御システム(独立型)の選定が適切である、と位置づけている。

同時に同実施設計ではコストパフォーマンスの観点から、下記の通り評価してい

る。

情報処理システムで最も設備投資額が高いのは、数量が多いことに起因する検知システム(センサ)である。伝送系は光ケーブルがコスト高となるが、メタルケーブルを使用なら比較的安価となる。データ処理系はパソコンレベルの処理が十分可能であることから、ハードコストよりも機能に依存するソフトコストが大きい。解析系は既に既存技術であり、インターフェースに主眼が置かれる。制御系も同様であるが、制御方法によってコストは大きく変化する。

検知系、伝送系および制御系は(a)、(b)は同一であり、(a)、(b)の順に主としてソフトの分だけコストが上昇する。しかしソフトコストの増加分はリスクマネジメントの観点から見ればコストパフォーマンスが高いと言える。

なお、(a)の情報統合化管理システムは、坑内のハードは建設開始後(b)の集中監視・制御システム(独立型)のシステムアップで対応可能である。

本坑内情報管理システムの構築報告書では、上記の(a)の情報統合化管理システムの構築を目的としたものである。

3.4 平成 14 年度業務の概要

以上検討した情報管理システムの基本概念に基づき、平成 14 年度においては、下記の調査および構築を実施した。

3.4.1 坑内情報の管理システムの事例調査及び構築

(1) 坑内情報の管理システムの事例調査

坑内において防災上必要となる情報管理システムについて、類似の地下坑道での坑内の情報管理に関する事例調査を行い、超深地層研究所の研究坑道における坑内情報を管理するために必要な基本的な機能を構築した。

類似の地下坑道での情報管理に関する事例調査として、維持坑道長および測定点数で最大であった三池炭鉱の例を全体的な情報処理の事例として、ガス、自然発火等の炭鉱特有な事象に対する個別の対応事例をして赤平炭鉱を、また計測・制御システム・マッピングシステム・エキスパートシステムをリンクさせた事例として太平洋炭鉱の例を示した。次に地下研究施設の例として圧縮空気貯蔵ガスタービン発電の実証試験施設や無重力実験施設を併設した旧砂川炭鉱の監視システムを、さらに公共施設として運用されている青函トンネルの事例を示した。

(2) 坑内情報管理システムの構築

システムの構築においては、汎用の通気網解析プログラムである風丸 & 温太 Windows 版^{注 1)}を解析に用い、システムの検証には東濃鉱山の通気データ、気象データ、マンロケーションデータ等の既存データを利用した。システムの構築の際には、施工段階毎に導入すべきシステムの考え方を明確にした上で、2.1.2～2.1.5 で記載した項目について実施した。

システムの検証に用いるモデルは東濃鉱山の坑内とし、超深地層研究所の施工段階ごとに適用可能な基本機能と表示システムを構築した。また情報の統合化、判断基準の設定には、普遍的な地理情報システム(Geographical Information System・GIS)の分析機能を採用した。

3.4.2 通気異常特定システムの構築

(1) 通気異常判断システムの構築

通気網解析結果と坑内通気センサからの計測データを比較することで坑内の異

^{注 1)} 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門 井上雅弘助教授作成

常を検知するシステムを構築した。

比較の対象となる計測データは、風量(風速)、温度、湿度、絶対圧力があるが、ここでは最も取り扱い易い風量を対象とした。解析は有意な気象変化と考えられる特定時間ごとにリアルタイム通気網解析を行い、計測データとの比較によって異常が検知された時に、計測値を坑内異常箇所と原因特定を行うシステムに送り込むプログラムを開発する。この時、初期の火災で風量変化よりも CO や煙の検知により火災の発生が予想された時の対応についても検討した。

(2) 坑内異常箇所の検索システムの構築

センサが設置されている通気回路で異常が発生した場合の風量変化パターンを、事前に異常状況毎にシミュレーションした異常状況パターンデータベースの風量と比較し、最も良く一致したパターンから異常発生箇所を想定する異常検知プログラムを開発した。平成 14 年度は東濃鉱山の特定箇所における火災を想定した模擬信号を作成し、検証を行った。

(3) 坑内異常ルート検索システムの構築

センサが設置されている坑道の風量が変化した時に発生する圧力変化から、異常が発生した通気回路(ルート)を想定する異常検知プログラムを開発した。平成 14 年度は東濃鉱山の特定箇所における火災を想定した模擬信号を作成し、検証に用いた。

4) 坑内異常箇所及び原因特定システムの構築

坑内の特定箇所で異常(火災)が発生した時の風量と圧力変化をシミュレーションし、データベースとして蓄積するシステムを開発した。異常発生源(火源)と異常状況(火災温度)は、設備設置状況や可燃物によって想定する。平成 14 年度は東濃鉱山の特定箇所における火災を想定した模擬信号を作成し、検証に用いた。

3.4.3 火災影響範囲予測システムの構築

(1) 最適通気制御方式検索システムの構築

事前に種々の通気制御パターンと火源及び状況を組み合わせたシミュレーションを行いデータベースに蓄積し、特定された火源及び状況に対し避難ルートと避難時間を確保するのに最も適した通気制御方式を検索するシステムを構築した。平成 14 年度は東濃鉱山の特定箇所における火災を想定した模擬信号を作成し、検証に用いた。

(2) 火災影響範囲予測システムの構築

通気制御時の火災時解析によって得られた火災ガスフロントの挙動から、時間経過毎の火災影響範囲を自動的に予測するシステムを開発した。

3.4.4 避難ルート検索システムの構築

(1) 避難シミュレーションシステムの構築

入坑者ごと(入坑者グループの位置ごと)の避難ルートごとの避難に要する時間を求め、火災影響範囲から避難中の入坑者が受ける危険度を求め、最も危険度が小さいルートを決定する避難シミュレータを構築した。ここで、危険度は遭遇する火災ガスの CO 濃度、遭遇時間、高低差を考慮した疲労度などから求めた避難者の血中 CO 濃度をパラメータとした。

本システムは GIS の分析機能を活用し、避難の出発点と到達点をあらかじめ想定してルートごとの危険度を算出、評価するシステムとした。なお、GIS ソフトとしては、Esri 社の ArcView Ver.8.3 を使用した。

(2) 避難方法指示システムの構築

決定された最適避難ルートを通信設備への自動送信手段により入坑者に指示するシステムを構築した。通信設備は PHS、電話、ID タグ、誘導無線方式など複数の手段で個別通信、一斉通信に対応出来ることを念頭に置くが、平成 14 年度は東濃鉱山の PHS 方式をベースとして検討を進めた。

(3) 避難方法データベースの構築

避難シミュレータにより最も危険度が小さいルートを決定するための時間を短縮するため、事前に入坑者の位置ごとに避難ルートを検索し、避難に要する距離や時間を計算し、データベースに蓄積するシステムを立案した。

(4) 通気制御指示システムの構築

火災影響予測ブロックで求められた最適通気制御方法に基づき、通気設備を稼働させる通気制御シミュレータを構築した。制御する通気設備の対象としては、通気門の扉及び開口部の開閉、ファンの運転、停止、逆転とし、平成 14 年度はこれらの制御信号を出すためのシステムを立案した。

3.4.5 情報表示システムの構築

下記の情報を GIS 上で表示するシステムを構築した。

- ① 通気情報常時表示
- ② 火源・状況表示
- ③ 火災影響範囲表示
- ④ 避難ルート表示
- ⑤ その他必要情報表示

4 坑内情報管理システムの構築

4.1 坑内情報管理システムの基本機能

前章までに調査した地下施設の情報管理システムのあり方に従い、瑞浪超深地層研究所に必要な坑内情報管理システムに必要な機能と情報を整理する。

4.1.1 基本機能

2.2 節において、一般論として地下施設の情報処理の具備すべき機能として、下記の項目を挙げている。

- 坑内情報の検知・伝送
- データの処理
- 坑内状況の監視、警報
- 異常状態の原因と異常発生箇所の特定
- 通気制御方法の表示、通気制御指令
- 異常状態の予測
- 避難所と避難路の表示、指示
- 消火方法の表示、自動消火

瑞浪超深地層研究所の坑内情報管理システムとして具備する基本機能は、整理すると下記の通りである。

① 情報検知・伝送・処理機能

坑内の通気や環境、坑外の気象、入坑者の位置や個人情報、設備の稼働状況などのデータを検知し、坑外に伝送、コンピュータ処理して使用可能な情報に変換する機能。

② 数値解析機能

受信した坑内外情報を数値解析し、異常状態の現状を把握すると共に、異常状態の変化の予測を行う機能。

③ 情報管理機能

受信した情報データベースとして蓄積し、必要に応じて他の機能が蓄積した情報を使用することができるよう管理する機能。常時情報の監視を行い、異常状

態を早期に検知すると共に、警報を発する機能を含む。

④ 情報分析機能

データベースに蓄積されたデータや数値解析によって得られた情報を分析し、管理者やコンピュータが正確な判断を下すための支援を行う機能。

⑤ 表示機能

得られた情報(異常情報や数値解析結果、情報分析結果を含む)を表示する機能。

⑥ 制御・指示機能

管理者やコンピュータが下した判断に基づき、通気設備や消火設備の状態を制御したり、指示したりする機能。

⑦ シミュレーション機能

模擬信号等により異常状態をシミュレートし、入坑者の教育・訓練に資する機能。

⑧ 通信機能

入坑者との通信、外部との通信や情報伝達を行う機能。

4.1.2 機能構築に必要な情報

3.1.1 項で整理した瑞浪超深地層研究所の坑内情報管理システムとして具備する基本機能に必要な情報を分類すると、下記の通りとなる。

- ① 固定情報－システムを稼働させるために必要な坑道の属性や設備の位置・属性に関する情報。
- ② 監視情報－気象や坑内通気・環境、異常状態、入坑者、設備稼働状況など、主としてセンサで検知する情報。
- ③ 解析結果－監視情報をもとに数値解析を行った結果情報。
- ④ 通信－音声や視覚によって入坑者から得られる情報や伝達・指示。

このうち、今回構築する坑内情報管理システムの骨格部分である異常の検知およ

び予測、対策に関する基本機能に必要な情報を整理すると、下記の通りとなる。

- 異常認識のための情報
 - ① 気象(坑外温度、湿度、大気圧)
 - ② 通常の通気状態(風速、圧力、温度、湿度)
 - ③ 通気状態の変化(あるべき姿との差)
- 影響予測のための情報
 - ① 異常発生の原因……プログラムにより判断
 - ② 異常の状況……プログラムにより判断
 - ③ 今後の異常状態の影響予測(坑内環境)……プログラムにより予測
 - ④ 今後の異常状態の影響予測(設備類－機械、ケーブル、通気設備、坑道状態)
- 最適通気制御方法の選択
 - ① 異常状態に応じた最適通気制御方法の選択……DB から選択
 - ② 通気制御後の異常状態の予測……解析
- 初期対策
 - ① 消火設備の配置
 - ② 最適初期消火対策の選択(自動かマニュアルか、水かその他か)
 - ③ 消火対策指示
- 避難のための安全区画の探索
 - ① 入坑者の位置と状態
 - ② 避難所の位置までの避難ルートの危険度
 - ③ 最適避難ルート探索と指示
- 状態の確認
 - ① 入坑者避難確認
 - ② 異常状態の経過

表 5.4・1 に坑内から得られる情報の整理と、情報管理システムの対象となるモデルとの関連づけを示す。また図 5.4・1 に上記で整理した坑内情報管理システム基本機能の情報処理概念フローを示す。

表 5.4-1 坑内情報の整理とモデルへの対応

情報種類	データ項目	情報種類・単位	超深地層研究所	東濃鉱山	プロトタイプ	基本計画	備考
固定情報	坑道情報	位置情報	坑内座標 図面、デジタル	施工段階ごと	固定	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
		属性情報	坑道規格 図面、デジタル			東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
		支保種類	岩盤物性				
		更新月日					
	設備情報	固定設備	設備配置	消火設備、配管、ケーブル	消火設備、配管、ケーブル、軌道	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
		設備仕様					
		稼働設備	設備配置	掘削設備、スカフォード、キブル、キュービクル、重機、ファン、ポンプ	ファン、巻、ポンプ、トラシス、ケージ	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
		設備仕様					
監視情報	気象情報	坑口気象	気温 (°C)	有	1点毎時1回	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
		湿度 (%)	有	1点毎時1回			
		気圧 (hPa)	有	1点毎時1回			
	坑内環境情報 (センサ情報)	定点監視	風速 (m/s)	20~30点	坑内5点、坑口1点	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
		温度 (°C)	20~30点	坑内6点、坑口1点			
		湿度 (%)	20~30点	坑内6点、坑口1点			
		Fan 差圧 (Pa)	坑口主要ファン1点	坑内主要ファン1点			
	異常検知情報 (センサ情報)	定点監視	CO 濃度 (ppm)	32点	—	—	超深地層研究所モデル
		煙 (On/Off)	22点	—	—		
		CH ₄ (%)	—	—	—		
		O ₂ (%)	避難所19点、昇降テッキ2点	—	—		
		CO ₂ (%)	避難所18点、昇降テッキ2点	—	—		
入坑者情報	個人情報	識別情報		事前入力	PHS	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
		歩行情報		事前入力	—		
	入出坑情報	入坑時間	デジタル	ID カード	PHS	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
		昇坑時間	デジタル	ID カード	PHS		
	マッロケーション (定点監視)	通過信号	アナログ	バッシングセンサ	PHS	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
		位置信号	アナログ	ID カード	PHS		
	坑内監視	JTV	画像	坑内28台	坑内4台	—	超深地層研究所モデル
	設備稼働監視	稼働設備	稼働状況 (On/Off)	有	—	—	超深地層研究所モデル
			異常情報	有	—	—	
解析結果	常時監視	熱環境解析	現場風量 (m ³ /min)	リアルタイム解析	リアルタイム解析	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル
			標準風量 (m ³ /min)	リアルタイム解析	リアルタイム解析		
			乾球温度 (°C)	リアルタイム解析	リアルタイム解析		
			湿球温度 (°C)	リアルタイム解析	リアルタイム解析		
			相対湿度 (%)	リアルタイム解析	リアルタイム解析		
			エンタルピ (kcal/kg)	リアルタイム解析	リアルタイム解析		
			絶対圧力 (mmAq)	リアルタイム解析	リアルタイム解析		
	異常状態	異常検知	火源 節点番号	常時監視・模擬信号	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	
			火災温度 (°C)				
		火災時解析	ガスフロント 節点番号	常時監視・模擬信号	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	
通信	会話通信	一斉通報	モニター	坑内全域74箇所	—	—	超深地層研究所モデル
		固定通信	電話	坑内全域80箇所	—	—	
		移動通信	PHS	—	PHS	東濃鉱山モデル	—
			誘導無線	—	—		
	表示通信				—	—	超深地層研究所モデル

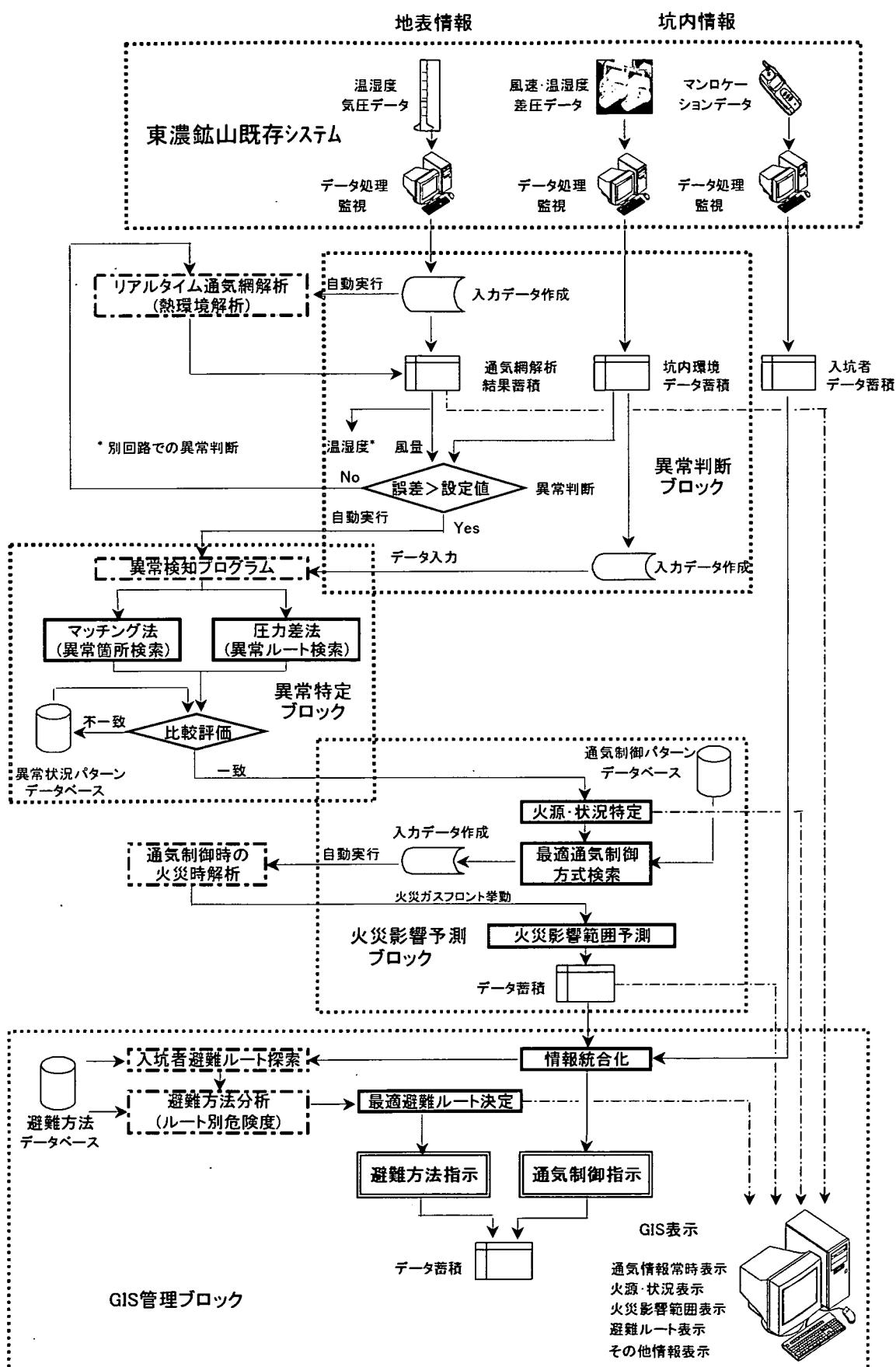


図 5.4-1 坑内情報管理システム基本機能情報処理概念フロー

4.2 坑内情報管理システムの基本機能

4.2.1 システム概要

本システムは、瑞浪超深地層研究所を対象とした地下空間における総合的な情報処理を行うシステムである。これまでも、地下空間における様々な情報を把握するための管理、監視システムは存在し運用されてきた。しかし、それらのシステムから得られる情報は個別に存在し、多くの場合、管理者の高次の判断により運用が図られてきた。本システムは地理情報システム(Geographic Information System(GIS))およびエキスパートシステム技術を導入することで情報の統合および判断の支援を、行うことができる。また、同時にそれらの情報、解析結果ならびに判断結果を様々な方法で表現、伝達するシステムである。情報の統合化は素早く的確な判断を行うことを容易にし、特に非常時において迅速な対応をとることを可能とする。本システムは、坑内の様々な情報を管理するばかりでなく、管理者があらゆる問題を解決するための判断を行う為の意志決定支援システム(Decision Support System(DSS))である。

また、本システムは、GISを中心構成され、データの一元管理、表示、解析ならびに通気網などの制御、指示などの総合管理が出来るシステムである。システムの概念図を図 5.4-2 に示す。本システムは GIS により構成されるコアシステムと、解析、データベースなどの特定業務を行う機能を提供するサブシステムから構成される。各機能をサブシステム化することにより、機能の追加削除などを容易に行うことが出来るため、拡張性の高いシステムとなる。

4.2.2 基本構成

図 3-3 に本システムのシステム構成および情報フローを示す。本システムは、システムの核となる(1)坑内および地上センサからの生データを収集・管理するサブシステムである情報管理システム、(2)通気解析および坑内火災などの坑内異常を検知しその影響範囲の解析を行う情報処理・解析システム、ならびに(3)GIS および GIS が提供するサブセット群の3つの要素から構成される。以下に、各システムを構成する機能について示す。

(1) 情報処理・解析システム

情報管理システムは、坑内および地上のセンサから取得される生データをコンピュータで利用できる形式に変換し、他の各システムへ渡す仲介作業を受け持つサブシステムである。

- ①通気情報管理システム
- ②気象データ情報管理システム
- ③入坑者管理システム
- ④設備管理システム
- ⑤坑内水管理システム

(2) 情報監視システム

情報処理・解析システムは、検知・解析を行う演算部分と、異常パターンなどを蓄積するデータベース部分から構成される。

- ①解析システム
- ②異常検知システム
- ③異常箇所特定システム
- ④火災影響範囲解析システム
- ⑤通気情報データベース
- ⑥異常パターンデータベース
- ⑦通気制御データベース
- ⑧火災時解析データベース

(3) GIS システム

システムの核となる GIS は、各サブシステムを統合するコア部分と、GIS 機能が提供するサブシステム群から構成される。以下に GIS が提供する各機能（サブシステム）を示す。

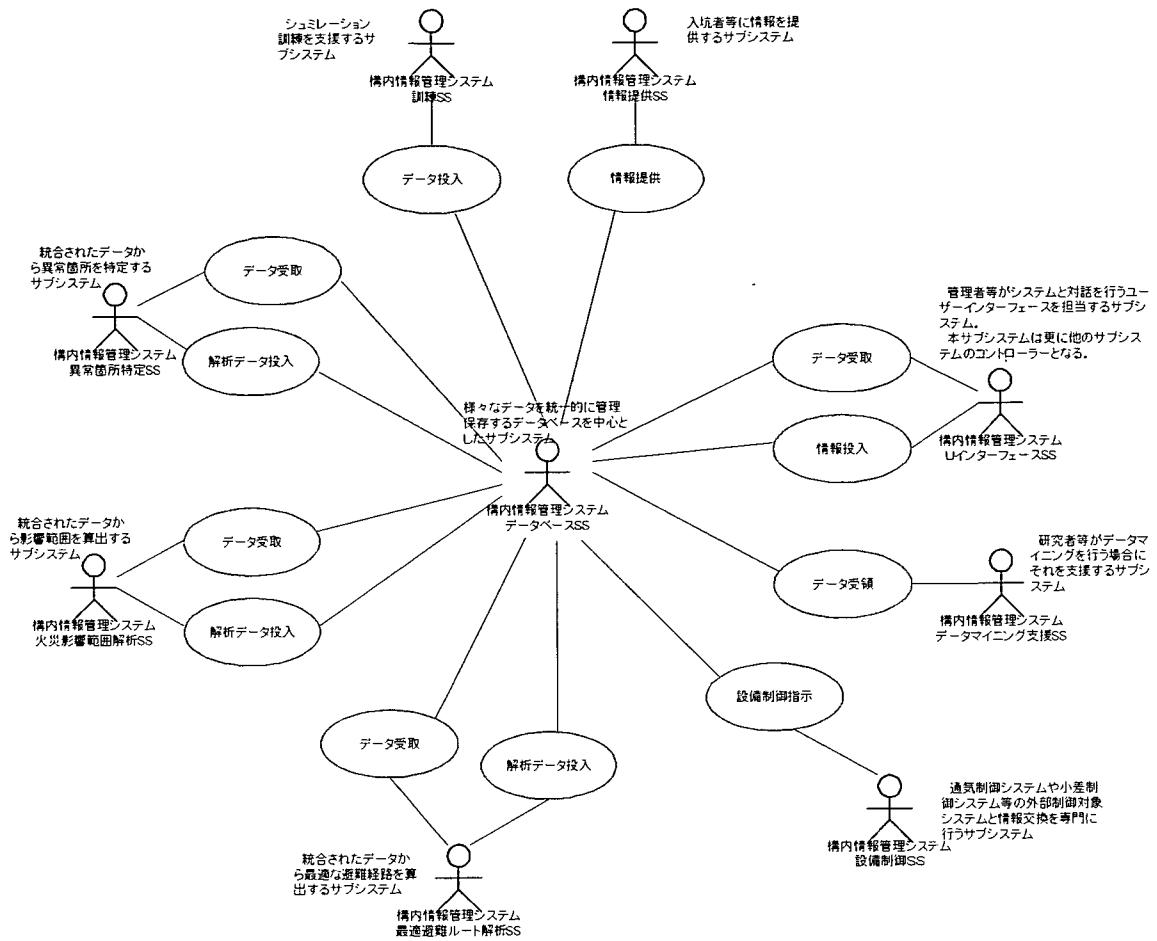


図 5.4-2 情報管理システム概念図

- ① 総合情報管理データベース
- ② 情報管理機能
- ③ 表示機能
- ④ 解析機能
- ⑤ 制御・指示機能
- ⑥ WEB 情報開示
- ⑦ トレーニング機能
- ⑧ 入坑者レクチャー機能

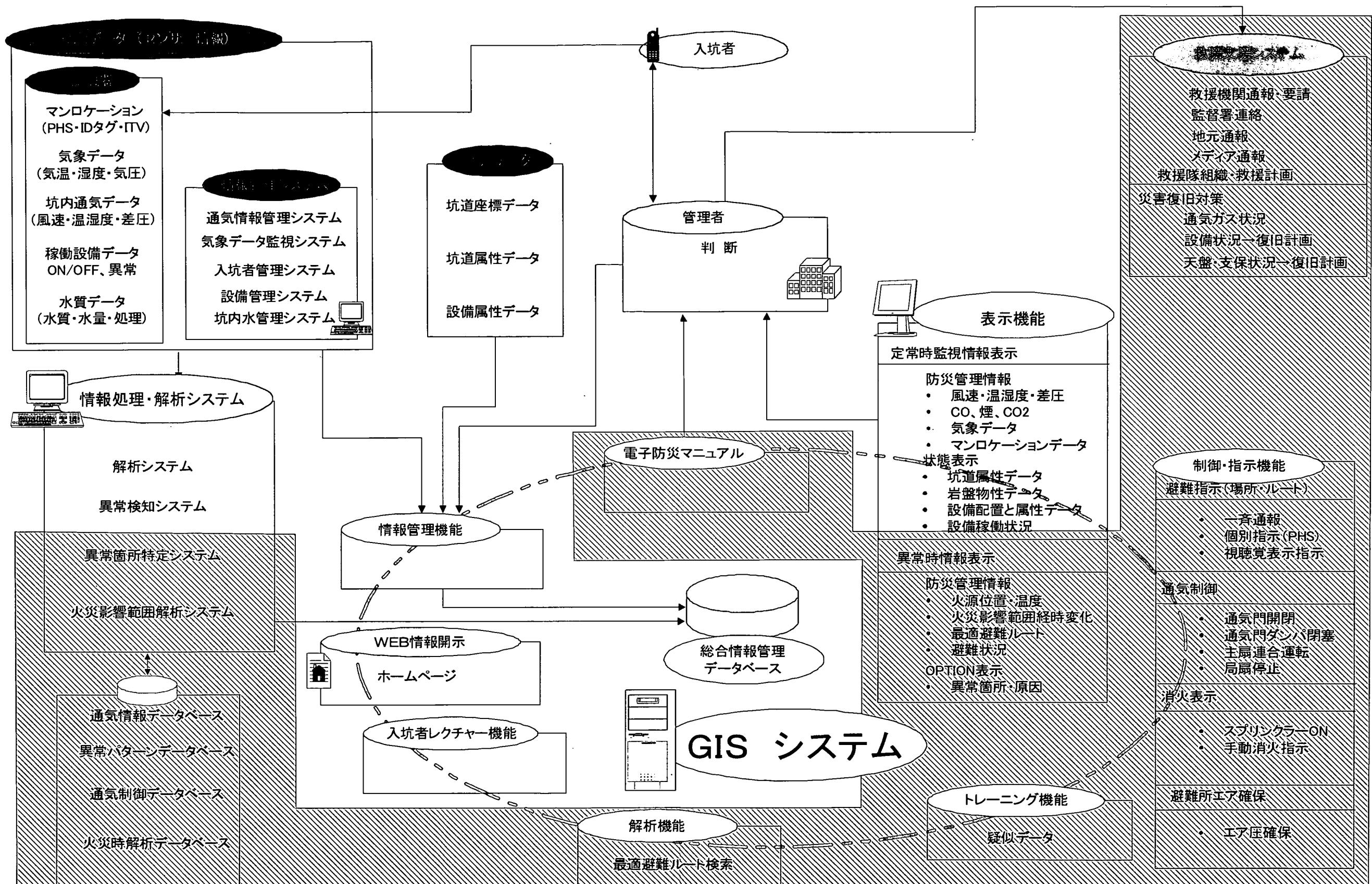


図 5.4-3 坑内情報管理システム

4.3 センサ・固定データ管理ブロック

管理すべきデータには、変動データ、即ちセンサにより得られる情報で、刻々変化するものと、固定データ、即ち一度入力すれば頻繁に変更する必要のないデータの2種類がある。内容は図 5.4・3 に示した通りであるが、これを具体的なデータの種類に展開したものは表 5.4・1 示している。以下にその概要について記載する。

4.3.1 固定情報

(1) 坑道情報

① 位置情報

坑道の位置を示すデータで、座標値で表す。坑口、坑底、坑道の分岐、坑道の変曲点、坑道末端、主要設備設置箇所等の位置を座標値として図面およびデジタルデータで管理する。坑道の延長、主要設備設置箇所変更等の場合、逐次変更し、常時最新情報としておく必要がある。

② 属性情報

坑道が持つ様々な属性値、例えば掘削・有効断面積や形状、支保の種類、摩擦係数、掘削年月日、周辺岩盤の物性値(岩種、比重、熱伝導率等)、岩盤表面の濡れ率等のデータである。通気網解析に使用する。岩盤の物性値は固定情報であるが、濡れ率は季節や天気により変化する変動データである。しかし夏期と冬期、あるいは梅雨時期など、限定した状況を固定データとして取り扱うことが便利である。

(2) 設備情報

① 固定設備

それ自体は稼働しない定置式の設備に関するデータで、位置、設備仕様、更新年月日等についての情報を管理する。防災上は火災源となり得るほか、消火設備のように消火に直接関わるもの、消火用ポンプのケーブルや散水パイプのように間接的に関わるもの、また通気門など災害時の通気制御に重要ななどがある。

② 稼働設備

掘削機械、スカフォード、重機、キブル、キュービクル、ファン、等々電動あるいは内燃機関で稼働する設備に関するデータである。一度設置したら移動せず位置を特定出来るキュービクルやファン等と、それ自体で移動し位置を特定出来ない掘削機械や重機などがある。後者の場合は坑道に所属するものとしての管理

が必要となる。

4.3.2 監視情報

(1) 気象情報

熱環境解析に用いるデータで、入気坑口の大気の温度と湿度のほか台風襲来時の防災対策のため気圧データも管理することが望ましい。ガスの湧出が見込まれる地下施設においては、気圧の変化は特に重要である。解析には温度および湿度しか用いず、急激な変化がない限り、10分値か1時間値を取得する。

(2) 坑内環境情報

坑内の風速、温度、湿度、ファンの差圧などの坑内環境に関する定点監視センサのデータである。目的によってデータ取得のインターバルは異なるが、1分程度のインターバルが望ましい。このうち風速や温度データは、下記の異常検知情報以外にも異常検知を行う時に使用する。

(3) 異常検知情報

火災が発生した際に最も早期検知に寄与する情報がCOおよび煙センサである。またガスの発生が見込まれる地下施設においてはCH₄、O₂、CO₂などの監視が必要である。火災のみならず酸欠事故防止についても重要である。取得インターバルは坑内環境情報と同等でよい。

(4) 入坑者情報

① 個人情報

地下施設の目的によって入坑者は見学者、研究者、作業者、管理者、一般通行者、等々様々な種類の人々がいる。これらの入坑者はさらにグループ単位であったり単独行動者であったり入坑形態も様々である。防災上管理するためには最小単位のグループの属性(氏名、所属、人数等)を入力して管理する必要がある。特に避難の際に重要なのは災害弱者に関するデータであり、避難の難易度に影響する歩行速度などについて管理する必要がある。

② 入出坑情報

入坑者の入出坑状態を管理するための情報である。最低限入坑時間、昇坑時間のデータを管理する。情報管理システム自体で用いるデータではないが、チェック機能としての管理のために必要な情報管理である。

③ マンロケーション

入坑者の位置を常時監視するための情報である。災害が発生した場合に情報管理システムとマンロケーション情報をリンクさせることにより、入坑者の避難ルートの分析や避難指示などに使用する。また出坑予定時間に上がってこないメンバーの位置を把握し管理すると共に、入坑者に異常が生じた場合の救助に資することもできる。

④ 坑内監視

入坑者の位置や状態を視覚的に監視するための情報で、一般に ITV による画像監視が行われる。

(5) 設備稼働情報

稼働設備の稼働状況や異常情報を管理する。主として ON/OFF 情報であるが、設備異常が発生した時の異常箇所や異常状態の監視にも用いられる。防災上は例えば火災の際に停止すべきファンの運転停止の確認、風門ダクト開閉装置の状態の監視等に用いる。

4.4 情報処理・解析ブロック

4.4.1 通気異常特定システム

(1) 通気異常判断システム

通気網解析結果と坑内通気センサからの計測データを比較することで坑内の異常を検知するシステムである。比較の対象となる計測データは、風量(風速)、温度、湿度、絶対圧力があるが、ここでは最も取り扱い易い風量を対象とする。解析は有意な気象変化と考えられる特定時間ごとにリアルタイム通気網解析を行い、計測データとの比較によって異常が検知された時に、計測値を坑内異常箇所と原因特定を行うシステムに送り込む。

(2) 坑内異常箇所の検索システム

センサが設置されている通気回路で異常が発生した場合の風量変化パターンを、事前に異常状況毎にシミュレーションした異常状況パターンデータベースの風量と比較し、最も良く一致したパターンから異常発生箇所を想定する。

(3) 坑内異常ルート検索システム

センサが設置されている坑道の風量が変化した時に発生する圧力変化から、異常が発生した通気回路(ルート)を想定する。

(4) 坑内異常箇所及び異常状況特定システム

坑内の特定箇所で異常(火災)が発生した時の風量と圧力変化をシミュレーションし、データベースとして蓄積する。

4.4.2 火災影響範囲予測システム

(1) 最適通気制御方式検索システム

事前に種々の通気制御パターンと火源及び状況を組み合わせたシミュレーションを行いデータベースに蓄積し、特定された火源及び状況に対し避難ルートと避難時間を確保するのに最も適した通気制御方式を検索するシステムである。

(2) 火災影響範囲予測システム

通気制御時の火災時解析によって得られた火災ガスフロントの挙動から、時間経過毎の火災影響範囲を自動的に予測する。

(3) 火災影響範囲データベース

通気異常が検知された場合には、通気異常特定システムが機能する。その結果、坑内異常箇所と異常状況が特定されれば、システムは自動的に異常(火災)の異常状況を火災時解析により解析し、データベースに蓄積する。しかし火災時解析は微妙な入力条件によって

解析時間を使ったり収束困難な状況が生じたりすることも考えられるため、予め火災条件を与えて事前解析しておき、データベースに蓄積しておく方が妥当である。

ここで、火災時解析の原理と精度に関して下記にまとめる。

(4) 火災時解析の精度と課題

火災時解析は、通気網解析プログラム「風丸＆温太 Windows 版」(九州大学大学院工学研究院 地球資源システム工学部門 井上雅弘助教授作成)のうち、壁面との熱伝達計算等を伴わない風量解析プログラム「風丸」の一つの機能を使用して行う。風丸＆温太 Windows 版の解析原理は、平成 11 年度「東濃鉱山坑内通気解析」報告書に記載されている。

最初に圧力計算プロセスによりネットワーク(通気網)の風量分布を計算する。この時を「火災の経過時間」が 0 であるとする。火災はこの時点で発生したことになり、「火災フロント」即ち火災ガスの先頭は火災発生接点だけ存在する。次にこの風量分布の場合に、火災が発生してから有る一定時間後までに、火災ガスがどこまで流れるか、即ち火災フロントの位置を求める。坑道が分岐している場合、火災フロントはオズ課する。同時にその火災ガスの温度がどのように低下するかも求める。この一定時間を「温度計算時間間隔」、この火災ガスの分布と温度の計算を「温度計算プロセス」と呼ぶ。この温度変化を求める場合に、経時係数「K 値」を用いる。これは一般に、通気温度変化を求めるための係数であるが、本システムでは火災ガスの温度変化を求めるために用いる。火災の場合、その値は 10 から 20 程度である。「K 値」が大きいほど温度は早く低下する。

火災によりネットワークの温度が変化すると、自然通気圧が変化するので風量が変化する。このため再度「圧力計算プロセス」を実行し、風量分布を再計算する。この後は「温度計算プロセス」「圧力計算プロセス」を必要な経過時間まで繰り返す。「火災の経過時間」は、この繰り返し毎に「温度計算時間間隔」ずつ増加する。

なお、東濃鉱山の今回の解析モデルにおいて、解析時間は CPU 800 MHz、メインメモリ 512 MB のパソコンでは数秒以下で完了する。但し火災ガス挙動が不安定な場合にはそれ以上を要することがある。

火災時解析によるアウトプットは、経過時間毎の火災ガスフロントの位置、火災ガスが流れた坑道の CO 濃度(火災ガス濃度=CO 濃度と仮定)、同坑道の温度が表示される。

火災時解析はある温度の火災が特定の火源において突然発生した時に、その時点を 0 として経過時間毎の火災フロントの位置と、各坑道の火災ガスの濃度及び温度を計算するものである。実際の火災は初期温度から燃焼の拡大に伴って徐々に温度が上昇するため、いわゆる非定常状態となるが、本プログラムにおいては非定常状態の解析は出来ない。従って、温度を変化させたケーススタディを行って、設定温度間を補間するしかない。この時、もし温度によって火災フロントの挙動が大きく変化するとすれば、どの時点の解析結果が正しいかは確認することが出来ない。

例えば低温の火災において、発生する自然通気圧よりファンによる通気圧が大きい場合、火災フロントは気流方向に流れる。一方、高温の火災で自然通気圧が瞬間に著しく大きくなつたとすると、気流方向に対し逆流することもあり得る。しかし火災温度が徐々に高くなった場合は、火災が高温となつても従来の気流方向に従つて火災ガスが流れるかも知

れず、解析結果が実際の状況に一致しないことも考えられる。

また入気の斜坑や立坑において火災が発生した場合に、発生した自然通気圧とファンによる通気圧が平衡し、気流挙動が停止したり解析の収束が得られなかったりすることもしばしば見られる。実際の火災ガスの流動は、例えば斜坑においては天盤際を火災ガスが舌状で上昇し、対流して下盤側を流下する入気と一緒に循環するなどのことが予想されており、実際には火災ガスが流れるのに解析では流れない、と言った状況もあり得る。これは通気網解析が1次元的な空間しか扱えないことに起因する。

プログラムの問題としては、三次元を扱う流体力学解析(Computational Fluid Dynamics・CFD)との連成解析を行うことで解決し得るが、現段階においては解析時間が極端に増加するなど実用的でない。このため、上述したとおり温度を変えて解析した結果の火災ガス挙動に大きな相違が出た場合には、補間ケーススタディ数を増加させるなどにより信頼出来る温度範囲を求める必要がある。また斜坑や立坑の解析において気流挙動が不安定になったり収束困難となった時には、解析結果よりも広い範囲で火災ガスが挙動したりする可能性を考慮する必要がある。

4.5 GIS システム

4.5.1 データベースマネージメントシステム (DBMS)

坑内には様々な管理すべきデータが存在しているが、坑道をはじめセンサやその大部分が空間位置情報を持ったデータである。空間データをデータベースマネージメントシステムに格納し、編集・参照することは容易なことではなく、市販の DBMS アプリケーション (Oracle、DB2、SQL server など) だけで行うことは不可能である。また瑞浪超深地層研究所では、一度に多くのユーザーからのアクセスが想定されるマルチクライアントに対応した環境でなければならない。本システムを円滑に稼働するためには、ArcGIS を基盤としたシステムを構築している点、空間データを管理でき、マルチクライアントに対応しなければならない点を考慮した空間データベース管理ソフトの導入が必要である。

4.5.2 分析機能

本システムは避難ルート分析機能を具備する。最適避難ルート解析は坑内における火災などの災害発生時に、管理者が入坑者を地上または退避場などの安全な場所へ最も危険度の低いルートで誘導するための意志決定を支援するためのシステムである。本システムは GIS の分析機能を活用し、避難の出発点と到達点をあらかじめ想定してルートごとの危険度を算出、評価する。退避ルートの危険度は、有害ガス濃度および通気温度データから決定される(井上, 2000)。異常検知、異常箇所特定、火災影響範囲解析など専門的な解析は GIS 外部の情報処理・解析システムにより行い、GIS はそれらの結果を統合・分析する。以下に危険度算出の評価法を示す。なお、GIS システム上で行う具体的なロジックについては 5.3.2 プロトタイプの分析機能に示す。

(1) 火災ガスの危険度

火災ガスの危険性は井上(2000)³⁾のデータを参考に有害ガス濃度、および火災ガス温度により評価する。有害ガスによる評価値は、人間が任意の坑道の通過に要する時間を求め、その時間に一酸化炭素 (CO) を吸入した場合の血液中の CO 濃度を表す次式の値が 35 になる場合を、評価値 100 になるようにする。

$$B=Ki \times CO \times t$$

ここで、 B : 血液中の CO 濃度(%)、 CO : 空気中の CO 濃度(%)、 t : 被爆時間(min)、 Ki : 作業強度の係数である。退避の場合 Ki は 8 となる。有害ガスは CO 以外にも存在するが、取り扱いを容易にするために、これらは CO で代表させる。

火災ガス温度による危険度は、次式で示される温度に関する許容時間を評価値 100 となるように換算して用いる。

$$T_{max}=1812 \exp(-0.046t)$$

ここで T_{max} : 許容時間(min)、 t : 溫度(°C)である。

(2) 経路の通行難易度

避難経路の状況も避難ルート選定の際の要因となる。危険度の評価は経路中に障害となる要因があれば危険度が高くなり、障害要因が無いか、もしくはほとんど通行の妨げとなる場合危険値は低くなる。坑道の状況は各坑道で異なり、また、時系列的に変化する事が考えられるので各坑道に対する情報は常に最新のデータを入力出来るようにする必要がある。

(3) 距 離

距離もまた、避難ルート選定の際の要因となる。基本的に距離は長いほど危険度は高くなる。

(4) 疲 労

同じ経路を避難する場合でも、避難者の疲労によって危険度は高くなる。

距離や疲労の危険度は火災ガスによる危険度に比して非常に小さく、火災ガスの影響がある場所では無視される。

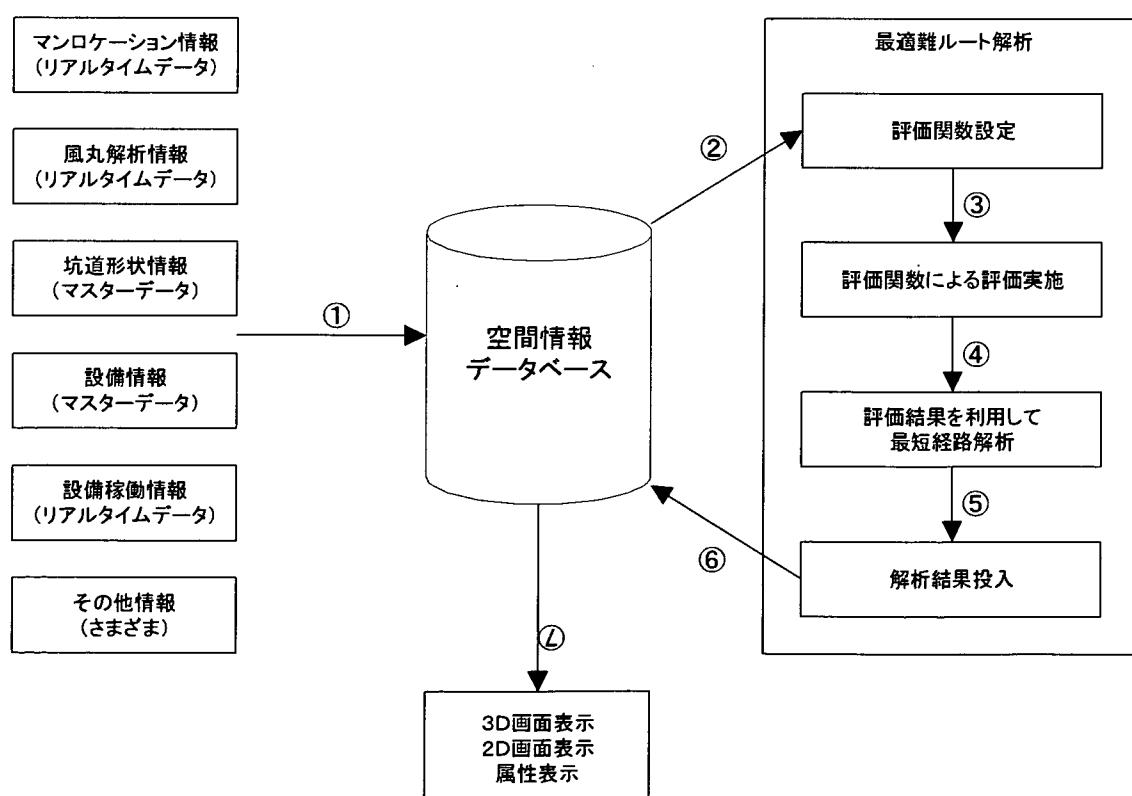


図 5.4-4 最適退避ルート分析概念図

4.5.3 Graphical User Interface (GUI)

本システムは GIS の GUI により大部分の操作を実施できる。本システムの具備する画面は以下の通りである。（

図 5.4-5 システム画面設計展開図）

(1) オープニング画面

システム起動時に表示される画面。背景のイメージと共にログイン画面が表示され、ID とパスワードの入力を要求する。

(2) メイン画面

常時表示される画面。システム状況、センサデータ、解析結果およびトレンドグラフなどを表示する。表示する項目はユーザーが切り替え可能である。

(3) システム設定画面

システムの設定を行う画面。

(4) ログ画面

システムの運転状況やデータベースデータ格納状況およびシステムのエラー状況などのログデータを表示する画面。

(5) マスター管理画面

管理者情報や設備情報など様々なマスターデータを入力・編集・削除する画面。

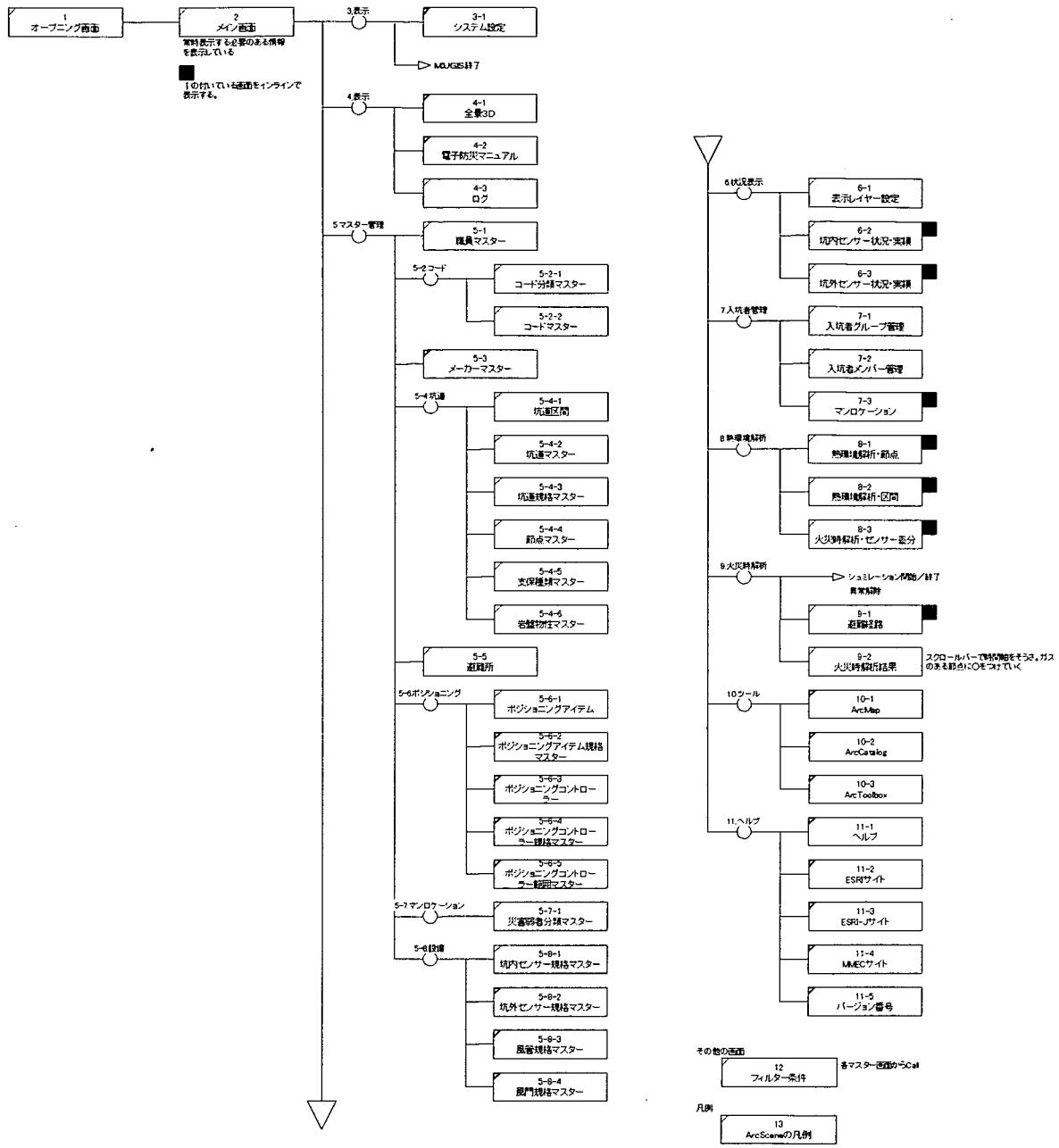


図 5.4-5 システム画面設計展開図

4.5.4 制御・指示機能

制御・指示機能は、本システムを構成する各サブシステムからの解析結果などにより、管理者が行う制御・指示の実行判断を支援する機能である。以下に制御・指示機能を示す。

- ・避難指示（場所・ルート）
- 一斉通報
- 個別指示（PHS）
- 視聴覚表示指示

- ・通気制御
 - 通気門開閉
 - 通気門ダンパ閉塞
 - 主扇連合運転
 - 局扇停止
- ・消火表示
 - スプリンクラーON
 - 手動消火表示
- ・避難所エア確保
 - エア圧確保

4.6 防災マニュアル

4.6.1 防災マニュアルの概要

一旦災害が発生すると、入坑者は周辺の状況しか把握出来ず、火災の場合は消火や避難、通気制御などをどのように行うべきかは中央管理室の情報および指示に従わなければならない。一方中央管理室においては、的確な避難指示や初期対策指示、および被害拡大防止のための通気制御方法などを迅速に行うためには、災害に関する正確な情報を入手し、状況を把握し、必要事項を判断し、手順を間違えず行動を起こさなければならない。しかし災害が発生した場合、パニック状態に陥ったり、情報の混乱により状況の把握と判断の遅れ、手順の間違いあるいは抜け落ちに繋がりかねない。

これを防止するのが防災マニュアルであり、判断者に視覚的に次の行動を示唆し、チェック機能により瑕疵を防止するために予め作成されるものである。

防災マニュアルの構築に当たっては、下記の事項を考慮する必要がある。

- ① 異常時における防災管理者の思考支援システム(判断ミス、手順瑕疵の防止)
- ② 情報管理システムとの連携ーサブシステムとして組み入れ
- ③ 基本構成と構築方法の検討

防災マニュアルは、中央管理室用及び入坑者用個別に作成し、その内容は情報処理システムの程度に応じて自動化する。電子(自動化)防災マニュアルは異常が検知された時に自動的に稼働し、異常の原因と発生箇所に対応した項目を画面上に表示し、管理者の判断支援を行うと共に、管理者が対応すべきフローを表示し、判断のヒューマンエラーや対応の漏れがないように支援する。

4.6.2 防災マニュアルの構成

石炭鉱山においては、防災マニュアルは下記の項目から構成されている。

- ◆ 平常時の坑内巡回時チェックマニュアル
- ◆ 平常時通気制御マニュアル
- ◆ 火災発生時の対応マニュアル
- ◆ 初期消火マニュアル
- ◆ 火災時通気制御マニュアル
- ◆ 避難誘導マニュアル
- ◆ 消防隊マニュアル
- ◆ 救助隊マニュアル

これらのうち、図 5.4-6 に監視装置異常掌握マニュアルを、図 5.4-7 に避難誘導マニュアルを、図 5.4-8 に救助隊マニュアルを例示する。

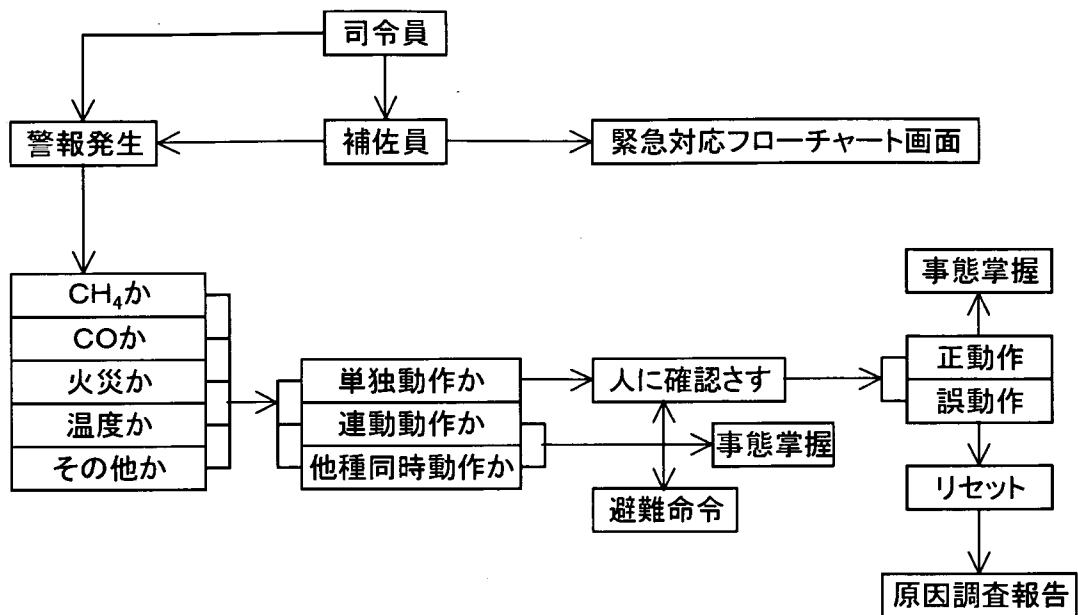


図 5.4-6 監視装置異常掌握マニュアル（例）

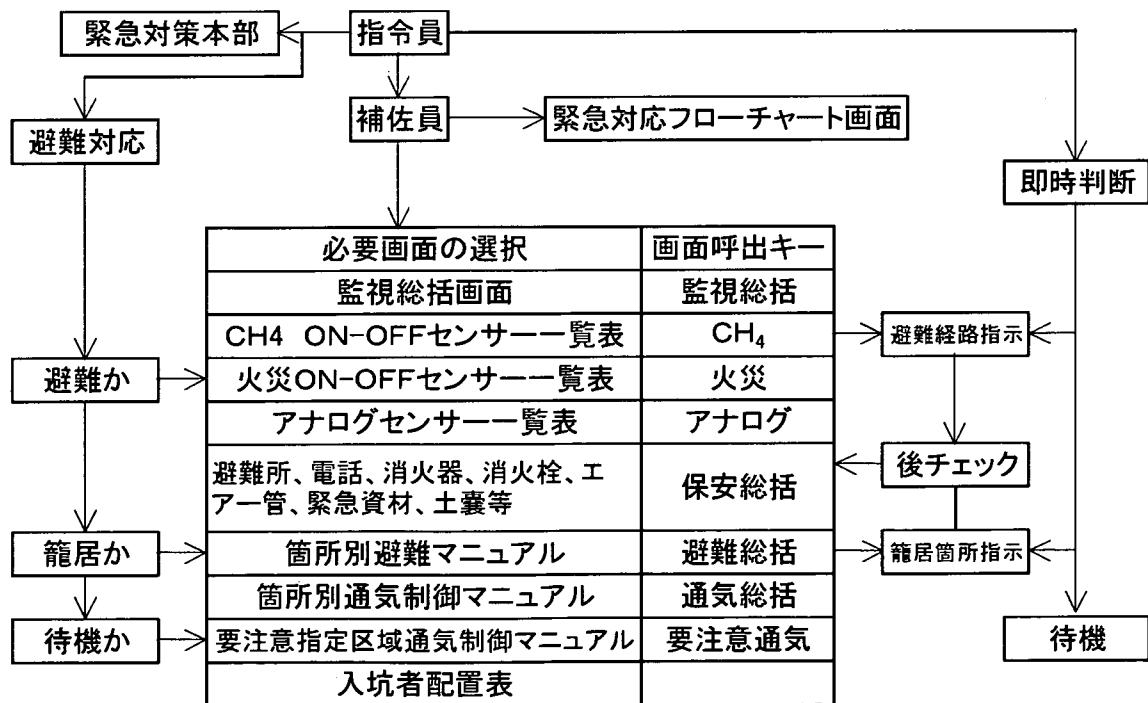


図 5.4-7 避難誘導マニュアル（例）

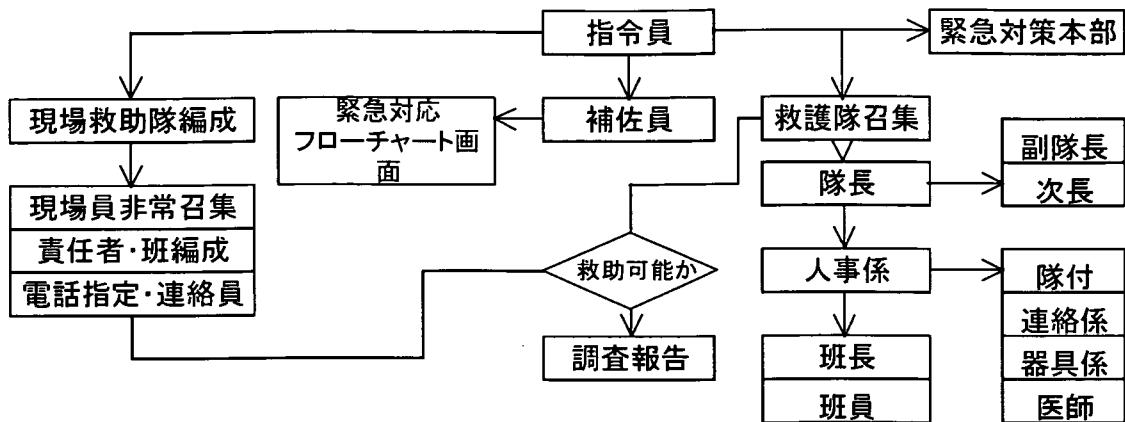


図 5.4-8 救助隊マニュアル（例）

地下施設においては、施設の構造や規模、入坑者の種類と人数、発生する恐れのある災害の種類などを踏まえ、それに対応した災害マニュアルの構成を検討する必要がある。

4.6.3 電子防災マニュアルの機能

電子防災マニュアルの機能は情報管理システムのサブシステムとして機能する。情報管理システムからの異常判断や解析結果に対応して作動し、管理者の瑕疵がなく迅速な対応が可能なように、下記のような概念で構築する。

まず、情報管理システムにより異常が検知されると、自動的に防災マニュアルを立ち上げる。災害の内容により、自動的にそれに対応した項目が表示される。この時、情報管理システムからは異常箇所や異常状況を解析により伝達されるので、入坑者からの情報や情報管理システムが掌握していないその他の情報から、情報管理システムからの伝達情報内容を確認する必要がある。

管理者は同時に、入坑者に精度の高い必要な情報を提供すると共に、関係者への連絡を行い、必要に応じ防災対策本部の設置や関係機関への連絡を行う。この時防災マニュアルは必要連絡先を表示し、管理者が完了する毎にチェックを行うことで次のステップに進む機能を備える。

次に管理者は情報管理システムが自動的に解析・分析した結果を受けて判断をしなければならないが、情報管理システムはあくまで判断支援システムであることを前提とし、防災マニュアルが示すチェック項目に従って確認しながら、精度の高い情報を尾本に管理者は判断を行う。

電子防災マニュアルはいくつものサブシステムから構成され、管理者の判断によって進捗した項目毎に、それぞれの担当者が防災マニュアルに従って指示や制御操作、作業を行う。図 5.4-9 に情報管理システムと電子防災マニュアルの機能、および管理者の操作について図示する。

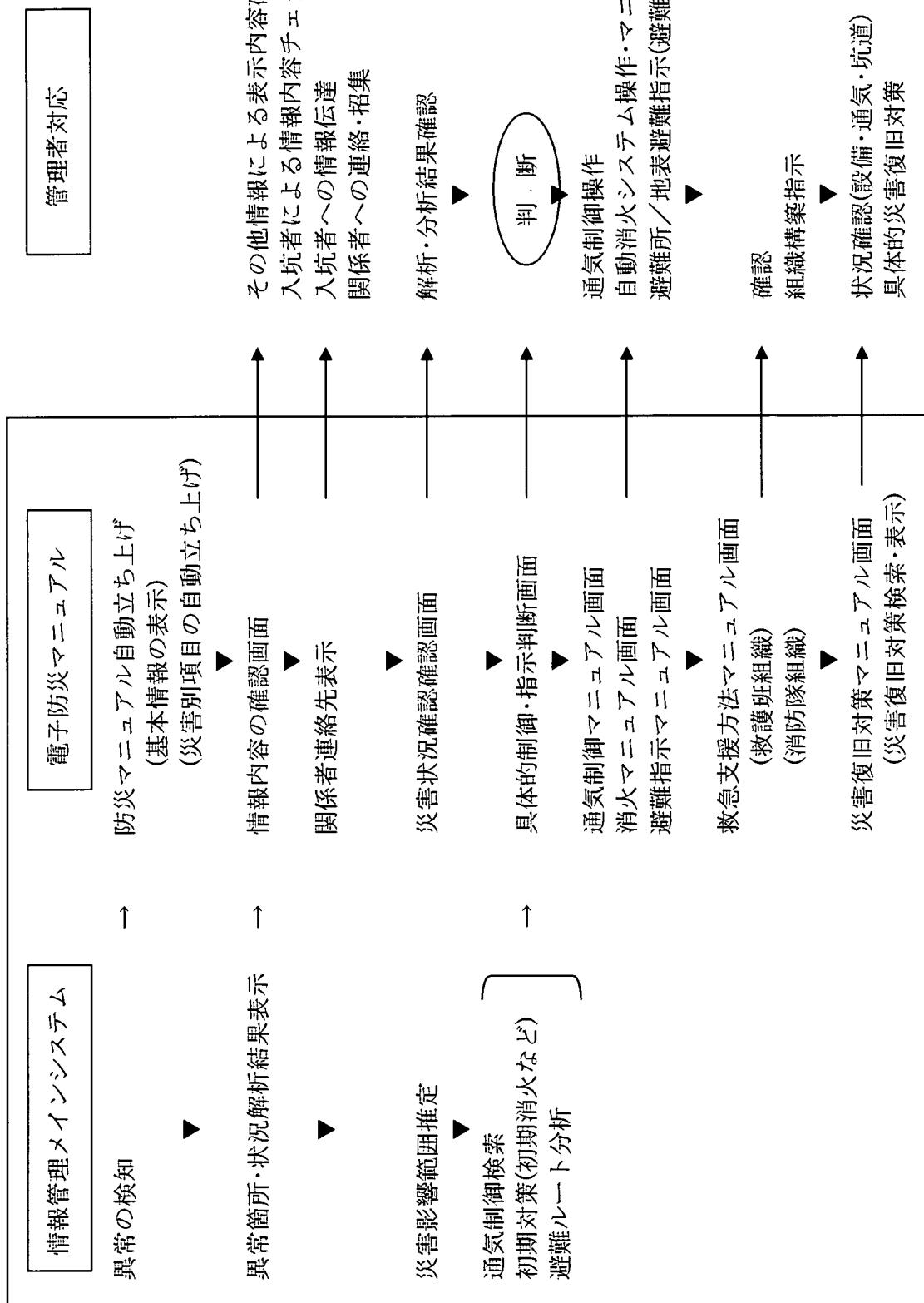


図 5.4-9 電子防災マニュアルの機能

5 プロトタイプの設計・開発

3章で構築した瑞浪超深地層研究所の情報管理を目的とした情報管理システムに基づき、東濃鉱山のデータを使用したプロトタイプのシステムを設計・開発した。本章では開発したシステムについてブロックごとに説明を加える。

まず、各ブロックにおける機能は下記の通りである。

- (1) 東濃鉱山既存システム(センサ・固定データ管理ブロック)
- (2) 情報処理・解析ブロック
 - 1) 異常判断ブロック
 - 2) 異常特定ブロック
 - 3) 火災影響予測ブロック
- (3) GIS システム
 - 1) データベースマネージメントシステム
 - 2) 分析機能
 - 3) GUI

5.1 センサ・固定データ管理ブロック

5.1.1 変動データ管理システム

具備機能

変動データ管理システムに具備した機能は下記の通りである。

- ① 地表気象情報採取
- ② 坑内センサ情報採取

(1) 地表気象情報採集

- ① 入力ファイル
- ② 出力ファイル
- ③ 転送ファイル
- ④ XMLファイル
- ⑤ その他

情報採取・処理方法は下記の通りである。

- ① 1回/10分：タイマで10分おきにデータを取得する。

- データが無い場合は次の10分まで待つ。
- ② 取得後、そのデータに基づいてリアルタイム熱環境解析を実施する。
 - ③ 解析結果は自動的にファイルに書き込む。
 - ④ GISに解析結果を転送する。(データが無い場合は送らない)
 - ⑤ 解析結果に基づいて坑内センサ平均値と異常判定処理を実施する。
 - ⑥ 採取データ
 - ・ 温度
 - ・ 湿度
 - ・ 気圧
 - ・ 他
 - ・ 計算指定パラメータ

(2) 坑内センサ情報採集

- ① 入力ファイル
- ② 出力ファイル
- ③ 転送ファイル
- ④ XMLファイル
- ⑤ その他

情報採取・処理方法は下記の通りである。

- ① 1回/1分：タイマで1分おきにデータを取得する。
データが無い場合は次の1分まで待つ。
- ② GISにデータを転送する。(データが無い場合は送らない)
- ③ 10分間に取得されたデータで統計解析を行い、センサ平均値を求める。
- ④ リアルタイム熱環境解析結果が出たら(10分に1回)、その結果とセンサ平均値の差を比較し異常判定処理を実施する。
- ⑤ 差がある許容範囲以上なら異常解析(**異常特定ブロック**)に進む。
- ⑥ 差がある許容範囲以内なら①からの処理を繰り返す。
- ⑦ 採取データ
 - ・ 風速(風量に変換する)
 - ・ 温度
 - ・ 湿度
 - ・ 差圧
 - ・ CO濃度※ (※:今年度はCO濃度データを採取しない)

5.1.2 固定データ管理システム

- ① 坑道位置情報
- ② 設備情報

5.2 情報処理・解析ブロック

5.2.1 処理の流れ

次頁以降にプロトタイプの詳細、ファイル、ディレクトリを示す。

図 5.4-1 『プロトタイプシステムの開発フロー図』

図 5.4-2 『プログラムの処理流れおよび入出力ファイル図』

表 5.4-1 『通気網解析のディレクトリ構成表』

表 5.4-2 『東濃鉱山坑外、坑内センサ計測値が保存されているディレクトリ構成表』

表 5.4-3 『東濃鉱山坑外気象データのディレクトリ構成表』

表 5.4-4 『東濃鉱山通気網解析システムプログラムが使用するディレクトリ構成表』

表 5.4-5 『GIS に渡すファイル項目 (XML ファイル)』

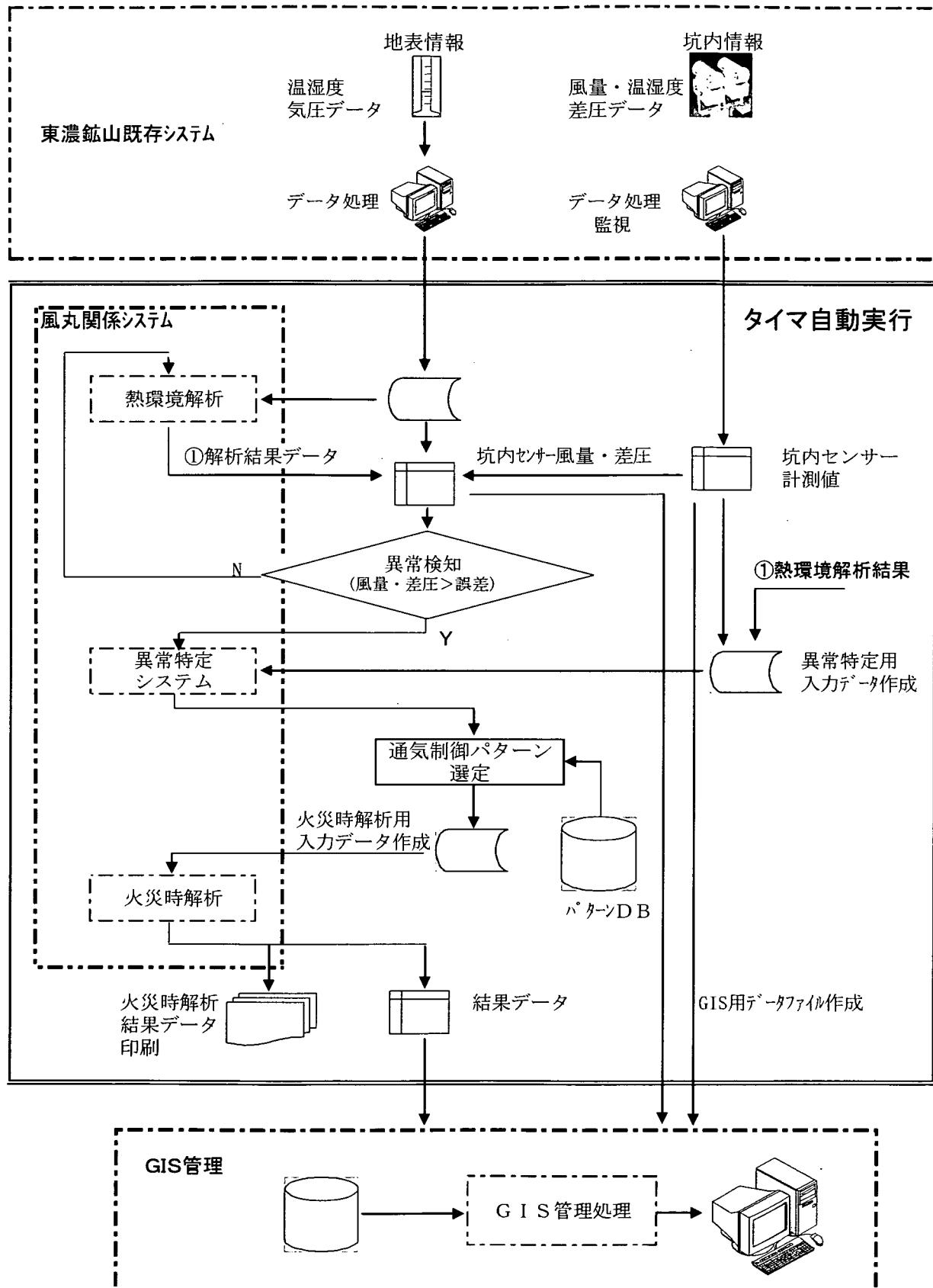


図 5.4-1 プロトタイプシステムの開発フロー図

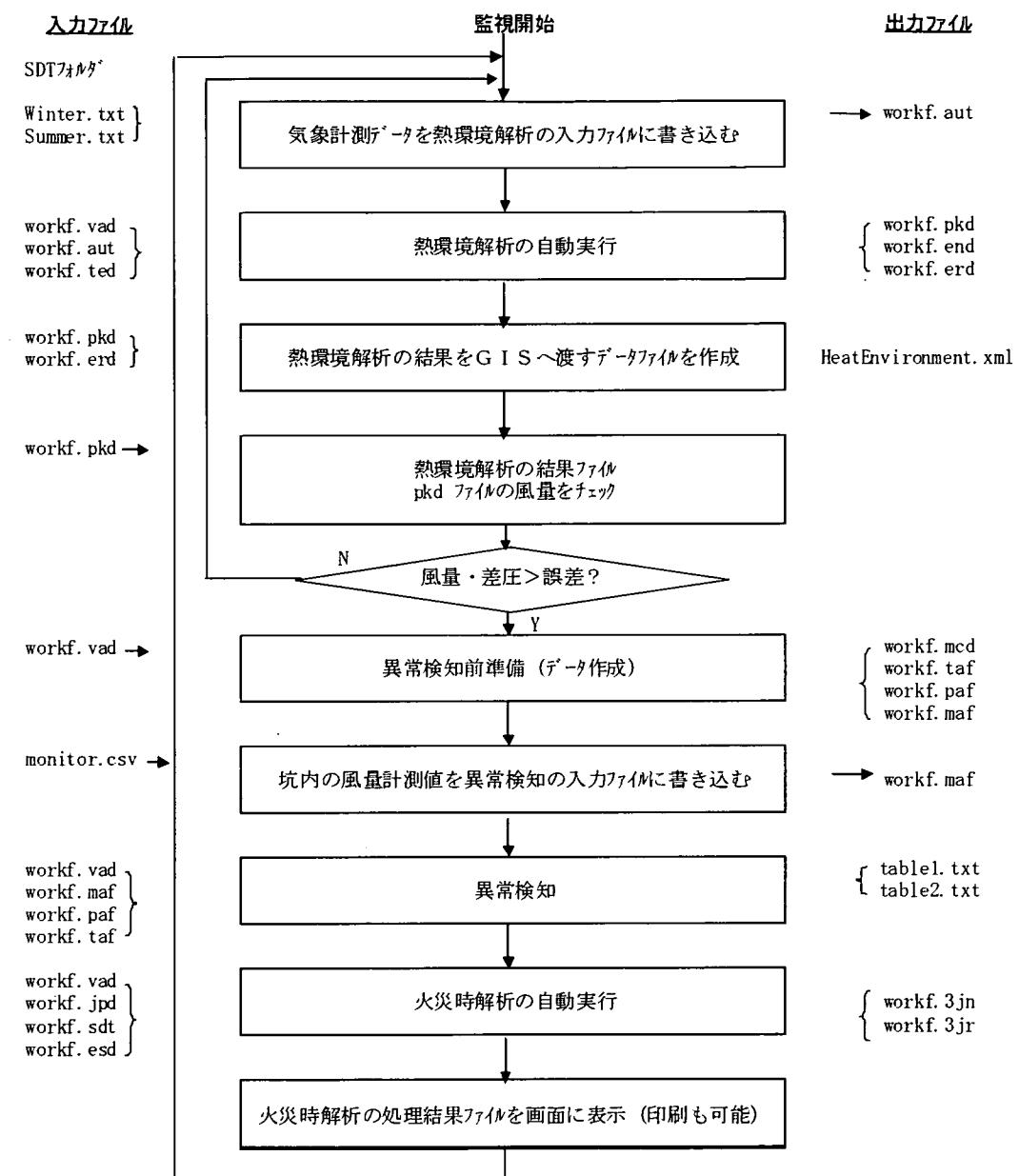


図 5.4-2 プログラムの処理流れおよび入出力ファイル図

表 5.4-1 通気網解析のディレクトリ構成表

ディレクトリ名	説明
C:\¥0-MIU_GIS\¥0-通気網解析	通気網解析関係の実行環境のルート・フォルダ
¥1-温太	通気網解析用パラメータ、出力及び実行の各種データファイル格納用
\YSDT	通気網解析用パラメータの各種データファイル格納用
\KOntaGAT.exe	通気網自動実行ファイル
\workf.vad	入力ファイル（東濃鉱山熱環境解析用データ）
\workf.aut	入力ファイル（自動実行用）
\workf.ted	入力ファイル
\workf.pkd	結果ファイル（風量）
\workf.erd	結果ファイル（節点の温湿度）
\workf.end	結果ファイル（坑道の温湿度）
¥2-異常検知	異常検知システム用パラメータ、出力及び実行の各種データファイル格納用
\YSDT	異常検知システム用パラメータの各種データファイル格納用
\YDostL	異常検知システム用実行の各種データファイル格納用
\AvUhnornormal.bat	異常検知システム実行ファイル1（初期化設定）
\Avmck.bat	異常検知システム実行ファイル2（異常特定）
\tabel1.txt	結果ファイル1（変更した坑道）
\tabel2.txt	結果ファイル2（異常坑道）
\workf.vad	入力ファイル（東濃鉱山熱環境解析用データ）
\workf.maf	入力ファイル（風速計の計測値で換算した風量値）
¥3-火災時解析	火災時解析用パラメータ、出力及び実行の各種データファイル格納用
\YSDT	火災時解析用パラメータの各種データファイル格納用
\Awwin_esc.exe	火災時解析自動実行ファイル
\workf.vad	入力ファイル（東濃鉱山熱環境解析用データ）
\workf.jpd	入力ファイル
\workf.sdt	入力ファイル（火災パラメータ）
\workf.esd	入力ファイル（危険温度、危険湿度）
\workf.3jn	結果ファイル（節点の濃度、温度情報）
\workf.3jr	結果ファイル（坑道の濃度、温度情報）

表 5.4-2 東濃鉱山坑外、坑内センサ計測値が保存されているディレクトリ構成表

ディレクトリ名	説明
C:\¥0-MIU_GIS\¥1-MIU_GIS	坑外、坑内センサー計測値が保存されているルート・フォルダ
\¥4-GetWeatherData	気象計測値データファイル格納用
\¥data	気象計測値データファイル格納用
\weather.txt	気象データで作成した熱環境解析入力用データファイル
\¥5-Monitor	坑内監視システムのセンター計測値データファイル格納用
\monitor.CSV	坑内監視システムのセンター計測値データファイル

表 5.4-3 東濃鉱山通気網解析システムプログラムが使用するディレクトリの構成表

ディレクトリ名	説明
¥¥133.188.76.38	坑外気象計測値データが保存されている PC
¥D¥data	坑外気象計測値データが保存されているフォルダ
¥2003	年ごとの気象計測値データファイル格納用フォルダ
¥01	月ごとの気象計測値データファイル格納用フォルダ
¥T	日ごとの気象計測値データファイル格納用フォルダ
20030100.csv (1日のうち、10分間隔の計測値が保存されている)	
20030101.csv	
⋮	
20030131.csv	
¥02	
¥T	
20030200.csv	
20030230.csv	
⋮	
¥12	
¥T	
20031200.csv	
⋮	
20031231.csv	
¥2004	
¥01	
¥T	
20030100.csv	
20030131.csv	
¥02	
¥T	
20030200.csv	
⋮	
20030230.csv	
⋮	
¥12	
¥T	
20021200.csv	
20031231.csv	
⋮	⋮
⋮	⋮

表 5.4-4 東濃鉱山坑外気象データのディレクトリ構成表

ディレクトリ名	説明
C:¥0-MIU_GIS-PG	通気網解析 PG の実行環境のルート・フォルダ
¥data	GISへ渡すXMLファイルの保存ディレクトリ
AlertInformation.xml	Alert情報
FireAnalize.xml	火災時解析結果ファイル
HeatEnvironment.xml	熱環境解析結果ファイル
InsideMonitor.xml	坑内センサー計測値ファイル
OutsideMonitor.xml	気象計測値ファイル
MIU_GIS.exe	通気網解析 PG の実行ファイル
MIU_GIS.ini	通気網解析 PG 用. Ini 設定ファイル

表 5.4-5 GISに渡すファイル項目（XML ファイル）

GISへ渡すファイルのフォーム項目(1)

坑内センサー 計測値ファイル (InsideMonitor.xml)	<pre><?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?> <InsideMonitor xmlns="http://www.mmeec.co.jp/ns/MIUGIS/V1/InsideMonitor" Sender="SISCO"> <DataPackage datatime="2004-03-18T2:15:00" SensorCD="1"> <WindSpeed>0.721</WindSpeed> <WindVolume>2.7398</WindVolume> <Temperature>12.903</Temperature> <Moisture>95.406</Moisture> </DataPackage> <DataPackage datatime="2004-03-18T2:15:00" SensorCD="1"> <WindSpeed>0.721</WindSpeed> <WindVolume>2.7398</WindVolume> <Temperature>12.903</Temperature> <Moisture>95.406</Moisture> </DataPackage> . . </InsideMonitor></pre>
気象計測値 データファイル (OutsideMonitor.xml)	<pre><?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?> <OutsideMonitor xmlns="http://www.mmeec.co.jp/ns/MIUGIS/V1/OutsideMonitor" Sender="SISCO"> <DataPackage datatime="2003-12-08T24:00:00" SensorCD="1"> <MeanWindDirection>1</MeanWindDirection> <MeanWindSpeed>0.9</MeanWindSpeed> <MaxWindDirection>16</MaxWindDirection> <MaxWindSpeed>1.3</MaxWindSpeed> <AirTemperature>2.3</AirTemperature> <OpenAirTemperature>1</OpenAirTemperature> <RelativeMoisture>91.5</RelativeMoisture> <EffectiveMoisture>83.2</EffectiveMoisture> <AirPressure>1025.6</AirPressure> <FieldPressure>989.3</FieldPressure> <TimeRainFall>0</TimeRainFall> <DateRainFall>0</DateRainFall> <Evaporation>0</Evaporation> <Insolation>0</Insolation> <Emanation>-0.1</Emanation> <Sunshine>1.4</Sunshine> <AirStability>10</AirStability> </DataPackage> . . </OutsideMonitor></pre>

GISへ渡すファイルのフォーム項目(2)

熱環境解析 結果ファイル (HeatEnvironment.xml)	<pre> <?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?> <HeatEnvironment xmlns="http://www.mmeec.co.jp/ns/MIUGIS/V1/Heat_Environment" Sender="SISCO"> <DataPackage datatime="2004-03-26T16:37:44"> <ENDDataPackage> <NodeData nodecd="1"> <DryBulbTemperature>2.3</DryBulbTemperature> <WetBulbTemperature>1.8</WetBulbTemperature> <RelativeHumidity>91.5</RelativeHumidity> <Enthalpy>2.99</Enthalpy> <AbsolutePressure>9990.699</AbsolutePressure> <. . . </NodeData> </ENDDataPackage> <PKDDataPackage> <ZoneData nodecd1="1" nodecd2="2"> <WindDirection>+</WindDirection> <WindVolume>6.125251</WindVolume> <AirDensity>1.237768</AirDensity> <PressureLose>0</PressureLose> <. . . </ZoneData> </PKDDataPackage> </DataPackage> </HeatEnvironment> </pre>
アラートファイル (AlertInformation.xml)	<pre> <?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?> <AlertInformation xmlns="http://www.mmeec.co.jp/ns/MIUGIS/V1/Heat_Environment" Sender="SISCO"> <DataPackage datatime="2004-03-26T16:48:28"> <Category>リアルタイム解析</Category> <Message>節点-42と節点-43間の坑道の風量の異常を検知した</Message> </DataPackage> <DataPackage datatime="2004-03-26T16:58:29"> <Category>リアルタイム解析</Category> <Message>節点-52と節点-53間の坑道の差圧の異常を検知した</Message> </DataPackage> </AlertInformation> </pre>

GISへ渡すファイルのフォーム項目(3)

火災時解析 結果ファイル (FireAnalize.xml)	<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?> <FireAnalize xmlns="http://www.mmecc.co.jp/ns/MIUGIS/V1/fire_analize" Sender="SISCO"> <DataPackage datatime="2004-03-26T16:48:31"> <AnalizeParameter> <KValue>5</KValue> <FrontDisplayInterval>0.5</FrontDisplayInterval> <Dummy>5</Dummy> <FireNode>21</FireNode> <FireTemperature>100</FireTemperature> <AnalizeInterval>1</AnalizeInterval> <FinishTime>200</FinishTime> <FrontIdentifyingDensity>0.001</FrontIdentifyingDensity> <GasDensity>5</GasDensity> <TimeCoefficient>1</TimeCoefficient> <FatigueCoefficient>1</FatigueCoefficient> <GasCoefficient>1</GasCoefficient> <TemperatureCoefficient>1</TemperatureCoefficient> <WalkingCoefficient>60</WalkingCoefficient> <TargetNode>0</TargetNode> <ImpassabilityPit>0</ImpassabilityPit> </AnalizeParameter> <TimePackage ptime="0"> <NDDDataPackage> <NodeData nodecd="1"> <Temperature>0</Temperature> <CO>20</CO> </Node> · · · </NDDDataPackage> <PDDataPackage> <ZoneData nodecd1="1" nodecd2="2"> <Temperature>0</Temperature> <CO>26</CO> </Zone> · · · </PDDataPackage> </TimePackage> </DataPackage> </FireAnalize>
--------------------------------------	--

5.2.2 異常検知システム

(1) 異常検知システムの概要

異常検知システムに具備された機能は下記の通りである。

- ① 地表気象情報取得機能
- ② 坑内センサ情報取得機能
- ③ 地表気象情報DB化機能
- ④ 坑内センサ情報DB化機能
- ⑤ 坑内センサ情報統計解析機能
- ⑥ リアルタイム熱環境解析
- ⑦ 異常判定機能
- ⑧ GIS 管理ブロックへデータ転送機能
- ⑨ 異常特定ブロックへデータ転送機能

本システムで定義している異常判定とは坑外気象情報に基づいて熱環境解析システムで計算された結果と採取されたセンサの値を比べ、その差が許容範囲以上にかけ離れた時に異常と見なす。

異常判定後は異常処理のステップ (異常特定ブロック) に進む。

坑外気象情報は 10 分に 1 回のデータ採取なので、異常判定も 10 分に 1 回行う。

判定はセンサの数だけ実施するが、1 個でも判定に引っかかれば異常とし異常解析のステップ (異常特定ブロック) に飛ぶ。全て正常なら次の処理（判定）を待つ。

判定の順位は①CO 濃度、②風量、③差圧の順とする。

1) CO 濃度チェック

今年度、本処理は CO 濃度の値がセンサから監視装置に上がってこないため実施しないが、この処理を組み込んだ場合は以下の様になる。

センサの CO 濃度平均値と予め決めておいた CO 濃度上限値を比較する。

センサの平均値を C_i CO 濃度、上限値を γ_i とすると

$C_i \text{ CO 濃度} \geq \gamma_i$ (現在 $i = 0$)

なら異常解析のステップ (異常特定ブロック) に飛ぶ。

2) 風量チェック

センサの風量平均値とリアルタイム熱環境解析で求められた風量を比較する。

計算終了後、求められた風量 (K_i 風量) とその坑道に設置されたセンサの風量平均値 (C_i 風量) を使って以下の判定を行う。

$$|K_i \text{ 風量} - C_i \text{ 風量}| \div K_i \text{ 風量} \geq \alpha_i \quad (i = 1, 2, \dots \text{センサの数})$$

(センサ毎に差幅を決めておく、または定数)

なら異常解析のステップ (異常特定ブロック) に飛ぶ。

本システムでは $\alpha_i = 10\% \quad (i = 1, 2, \dots 6)$

3) 差圧チェック

センサの差圧平均値と予め決めておいた差圧上限値を比較する。

センサの差圧平均値を C_i 差圧、上限値を β_i とすると

$$C_i \text{ 差圧} \geq \beta_i \quad (\text{現在 } i = 1)$$

なら異常解析のステップ (異常特定ブロック) に飛ぶ。

4) GIS へ出力するファイル

① リアルタイム熱環境解析の計算結果。

ファイルは、節点データファイルと坑道データファイルの 2 種類。

② 地表気象情報データ。

③ 坑内センサ情報データ。

④ 火災時解析の計算結果。

⑤ 異常判定で異常になった場合、Alert 情報。

5) 統計解析

リアルタイム熱環境解析結果と比較するセンサデータは以下の統計解析を行って、

平均値を求めその値と比較する。

① センサデータを 10 分間集める。(現在から過去に 10 分間、最大 10 個)

その時、欠測値はカウントしない。

② 集められたデータから標準偏差 (σ) を求める。

③ 平均値 $\pm 2\sigma$ 範囲外のデータは捨てる。

④ 残ったデータで再度平均値を求め、センサ平均値とする。

表 5.4-6 統計解析の例

No.	x	x^2	判定
1	1.23	1.5129	○
2	1.22	1.4884	○
3	1.34	1.7956	○
4	1.18	1.3924	○
5	2.28	5.1984	×
6	1.16	1.3456	○
7	1.20	1.4400	○
8	1.30	1.6900	○
9	0.05	0.0025	×
10	1.17	1.3689	○
合計	12.13	17.2347	
平均	1.21		
中央値	1.21		median(a:c)
標準偏差	0.53		stdev(a:c)
標準偏差	0.50 ◎		stdevp(a:c)
σ	0.50		
-2σ	-1.00		
$+2\sigma$	1.00		
範囲	0.21 ~	2.22	
新平均値	1.23		

表 5.4-7 坑内情報許容値：坑道毎の許容上限値テーブル（例）

センサNo.	節点	Path	風量（許容値）	温度	湿度	差圧 (許容値)	CO 濃度 (上限値) ppm
1	10	9-10	○	±10%	○	○	×
2	61	24-61	○	±10%	○	○	×
3	14	13-14	○	±10%	○	○	×
4	32	32-33	○	±10%	○	○	×
5	42	42-43	○	±10%	○	○	×
6	51	52-51	○	±10%	○	○	×
7	52	53-52	×		○	○	±10% ×
8	25		×		×		○ 50.0
9	27		×		×		○ 50.0

(a) 網掛けの値が異常判定に使用される許容範囲、上限値。

(b) ○は測定値あり、×は測定値なし。

(c) Path とは坑道を表し、構成番号は節点番号を表す。

(d) 節点番号は東濃鉱山モデルに於ける計算上設定した番号を表す。

(e) 坑道 a - b は風が節点 a から節点 b に流れていることを表す。

風量判定は坑道データを利用する。

差圧、CO 濃度の判定は節点データを利用する。

表 5.4-8 時間による異常判定（例）

時間 (分)	坑内情報 (センサ値)	センサ 平均値	地表情報 (気象計測値)	リアルタイム 熱環境解析	
t - 2	○				
t - 1	○				
t + 0	○	◎	○	◎	異常判定処理
t + 1	○				
t + 2	○				
t + 3	○				
t + 4	×				
t + 5	×				
t + 6	○				
t + 7	○				
t + 8	○				
t + 9	○				
t + 10	○	◎	○	◎	異常判定処理
t + 11	○				

(a) ○は測定値および計算結果がある。

(b) ◎は異常判定に用いられる値。

地表気象情報に基づいてリアルタイム熱環境解析を実施したら（網掛け）、計算結果とその時の坑内情報（センサ平均値）とを比較する。

(2) 熱環境解析

- ① 入力ファイル
- ② 出力ファイル
- ③ 転送ファイル
- ④ XML ファイル
- ⑤ その他

(3) 異常検知解析

- ① 入力ファイル
- ② 出力ファイル
- ③ 転送ファイル
- ④ その他

(4) 異常通知

- ① XML ファイル

(5) 画面説明

次頁以降に定常時のリアルタイム熱環境解析および異常判断ブロックで特定された火源および火災温度における火災時解析の画面を示し、説明を記す。

5.2.3 热環境解析における画面説明（平常時）

(1) 使用する通気網解析のアプリケーション設定

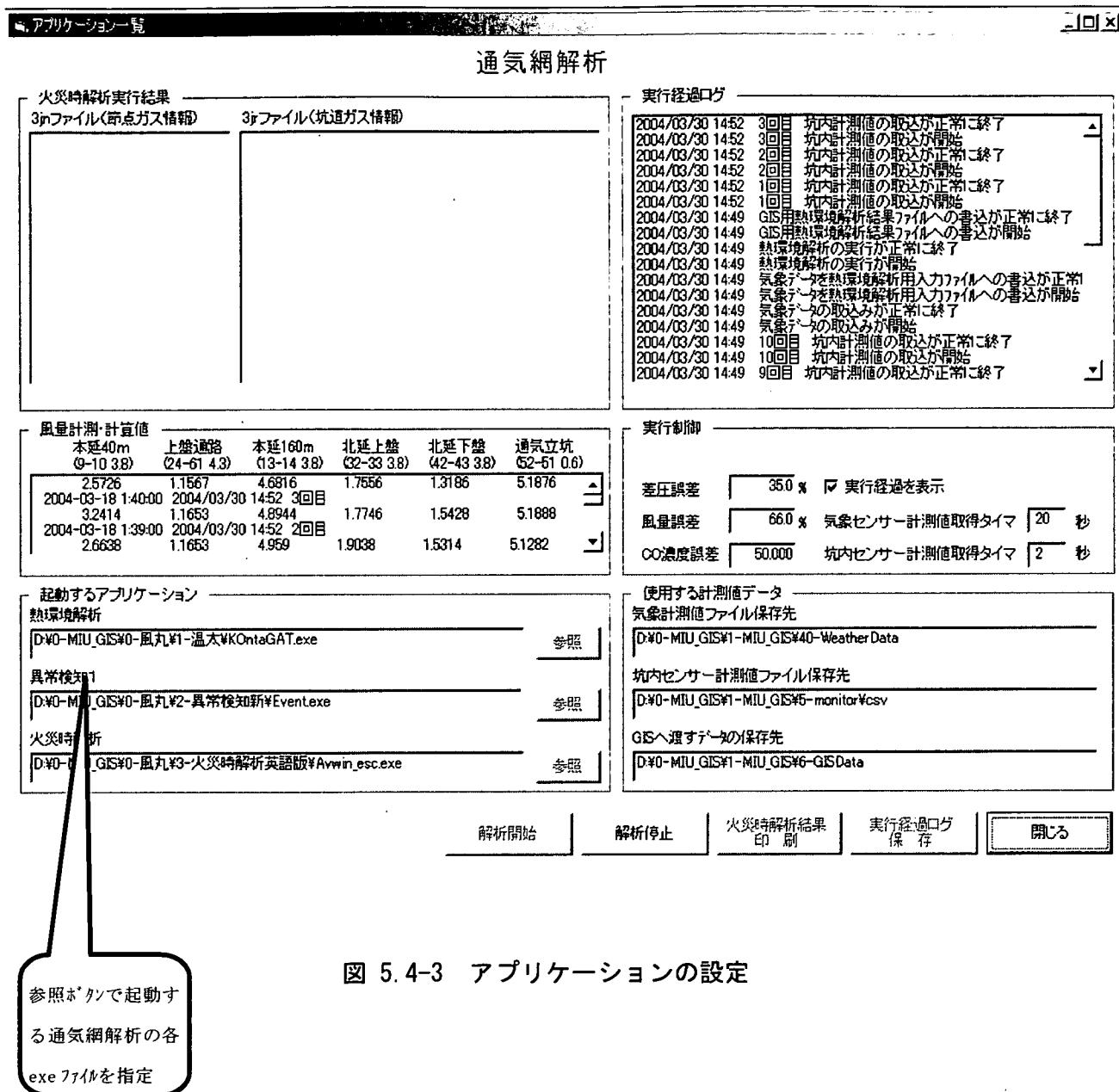


図 5.4-3 アプリケーションの設定

注 1) 参照ボタンをクリックして、通気網解析の実行ファイルを選択する。

通気網解析は熱環境解析、異常検知システム及び火災時解析の3つのシステムで構成されている。

(2) 監視計測ファイルおよび結果ファイルの設定

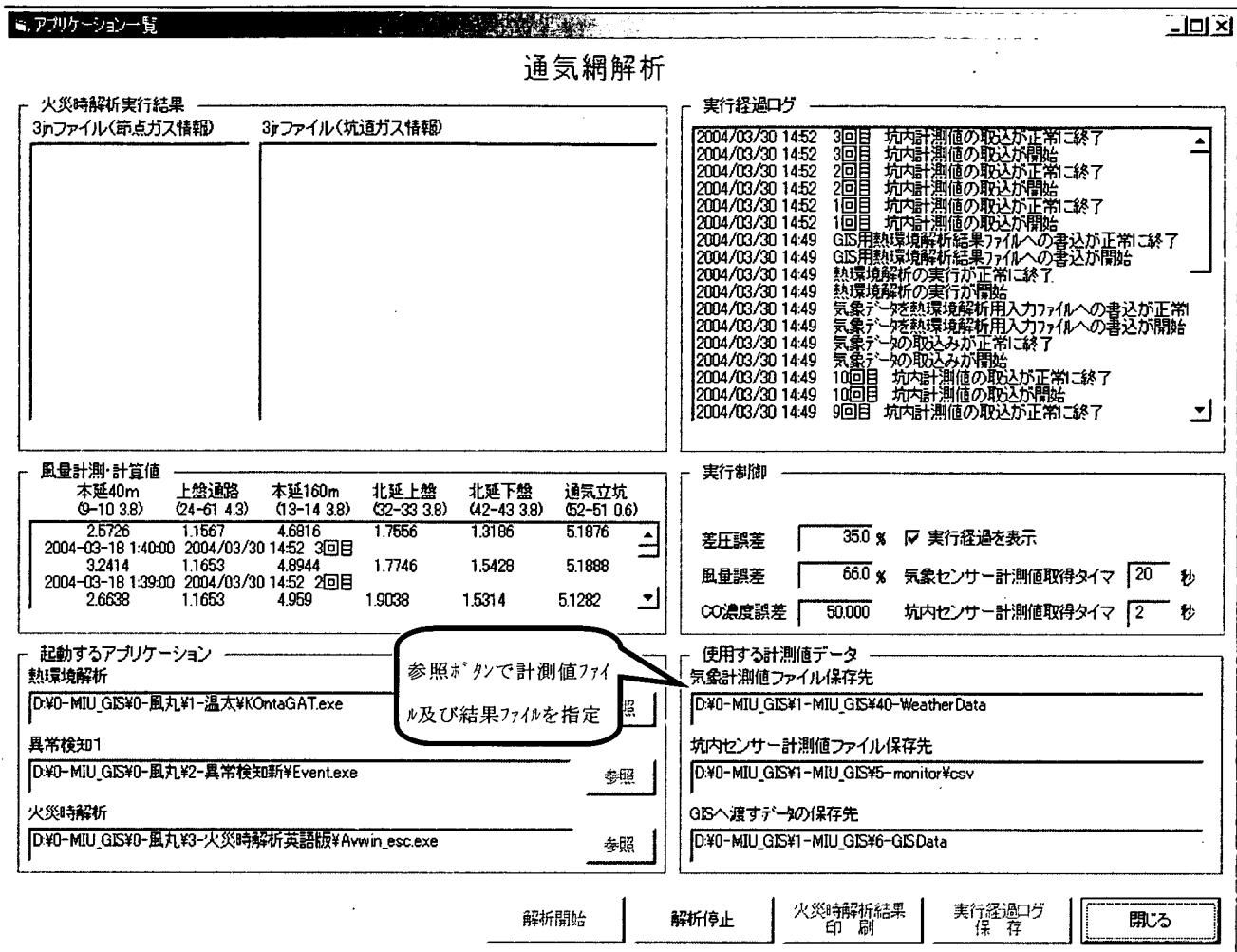


図 5.4-4 監視計測値ファイルおよび結果ファイルの設定

- 注 1) 参照ボタンをクリックして、使用する気象計測値ファイル、坑内センサ計測値ファイル 及び G I Sへ渡すファイルを選択することができる。
- 注 2) 気象計測値ファイルは気象データ保存用 P Cに保存されている。
- 注 3) 坑内センサ計測値ファイルは坑内監視システム用 P Cに保存されている。
- 注 4) G I Sへ渡すファイルは下記の 5つのファイルがある。(ファイル形式は. XML である)
 - 1) 気象計測値ファイル (OutSideMonitor.xml)
 - 1) 坑内センサ計測値ファイル (InsideMonitor.xml)
 - 2) 热環境解析結果ファイル (HeatEnvironment.xml)
 - 3) 異常発生の通知ファイル (AlertInformation.xml)
 - 4) 火災時解析結果ファイル (FireAnalize.xml)

(3) 実行制御パラメータの設定

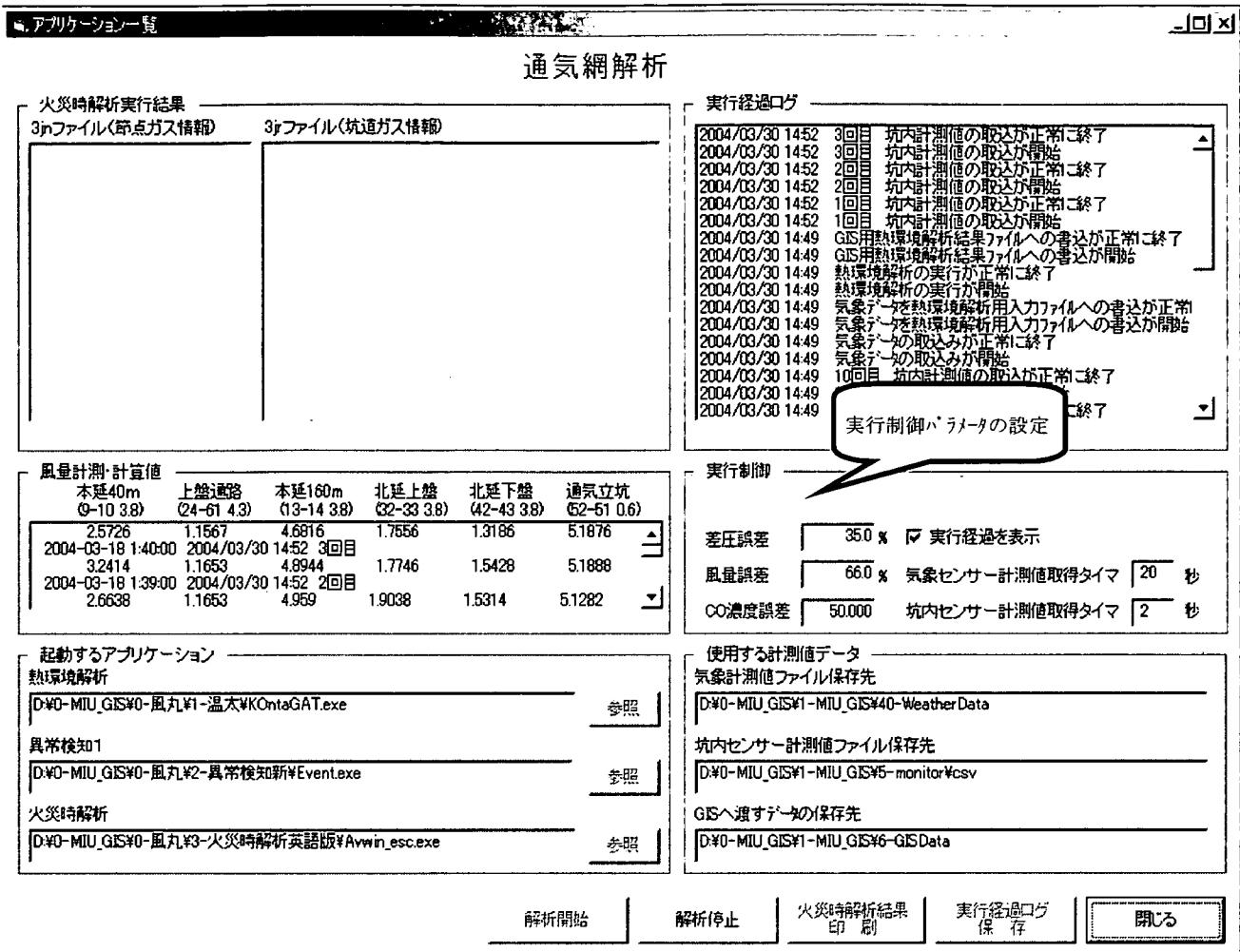


図 5.4-5 実行制御パラメータの設定

- a. タイマ
 - 坑内センサ計測値の取得時間間隔は1分とする。
 - 気象計測値の取得時間間隔は10分とする。
 - システムの実行時間間隔は1分とする。
 - 熱環境解析の実行時間間隔は10分とする。
- b. 実行経過表示
 - 通気網解析の実行画面を表に表す。
- c. 火災時解析を行う
 - 熱環境解析のみ実行する。
- d. 差圧誤差
 - 熱環境解析の圧力結果と坑内差圧センサの計測値との誤差をチェックする際、使用する比較値の設定。
- e. 風量誤差
 - 熱環境解析の風量結果と坑内風速センサ（風量に換算）の測定値との誤差をチェックする際、使用する比較値の設定。

(4) 実行ログの表示

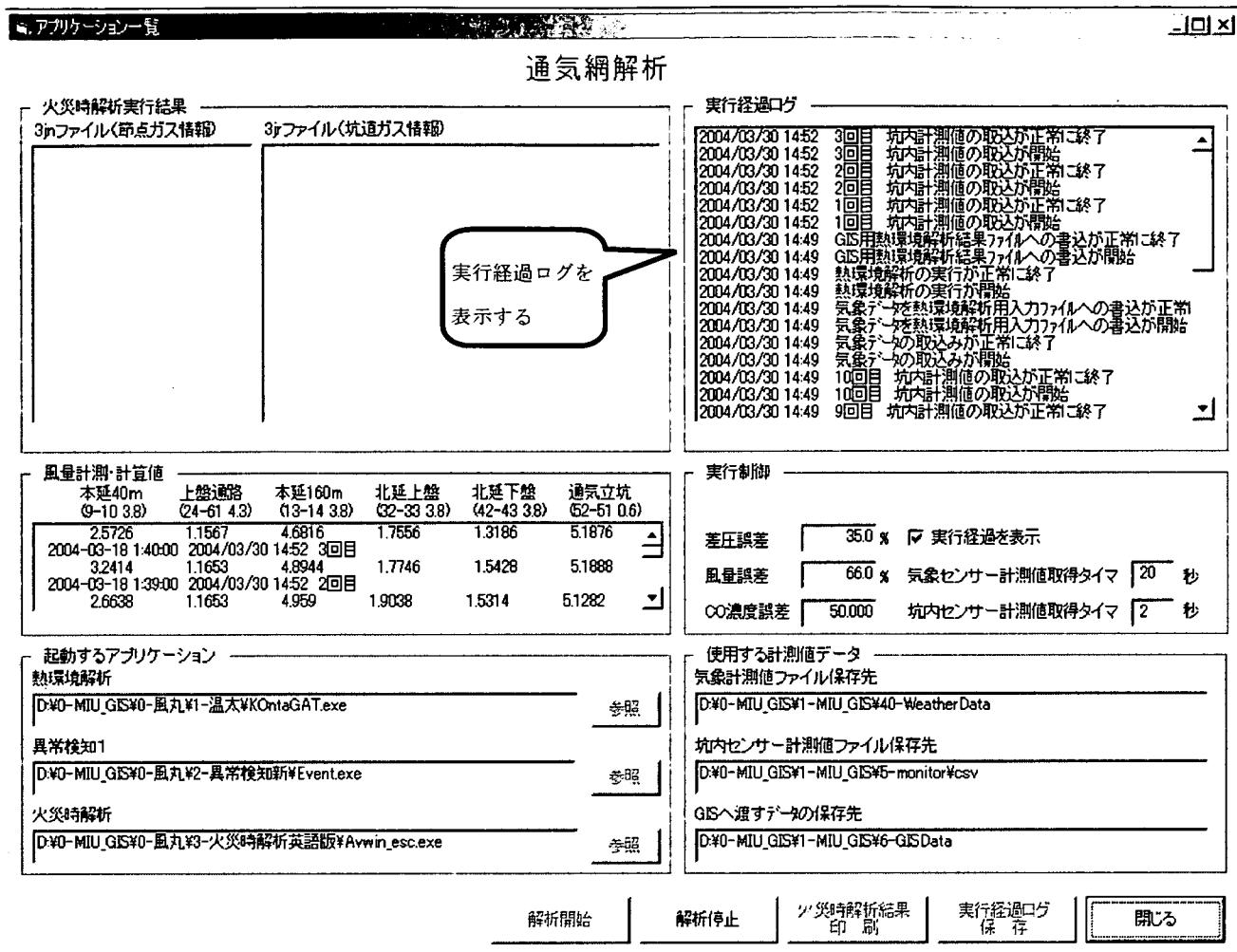


図 5.4-6 実行結果ログの表示

(5) 自動実行の開始

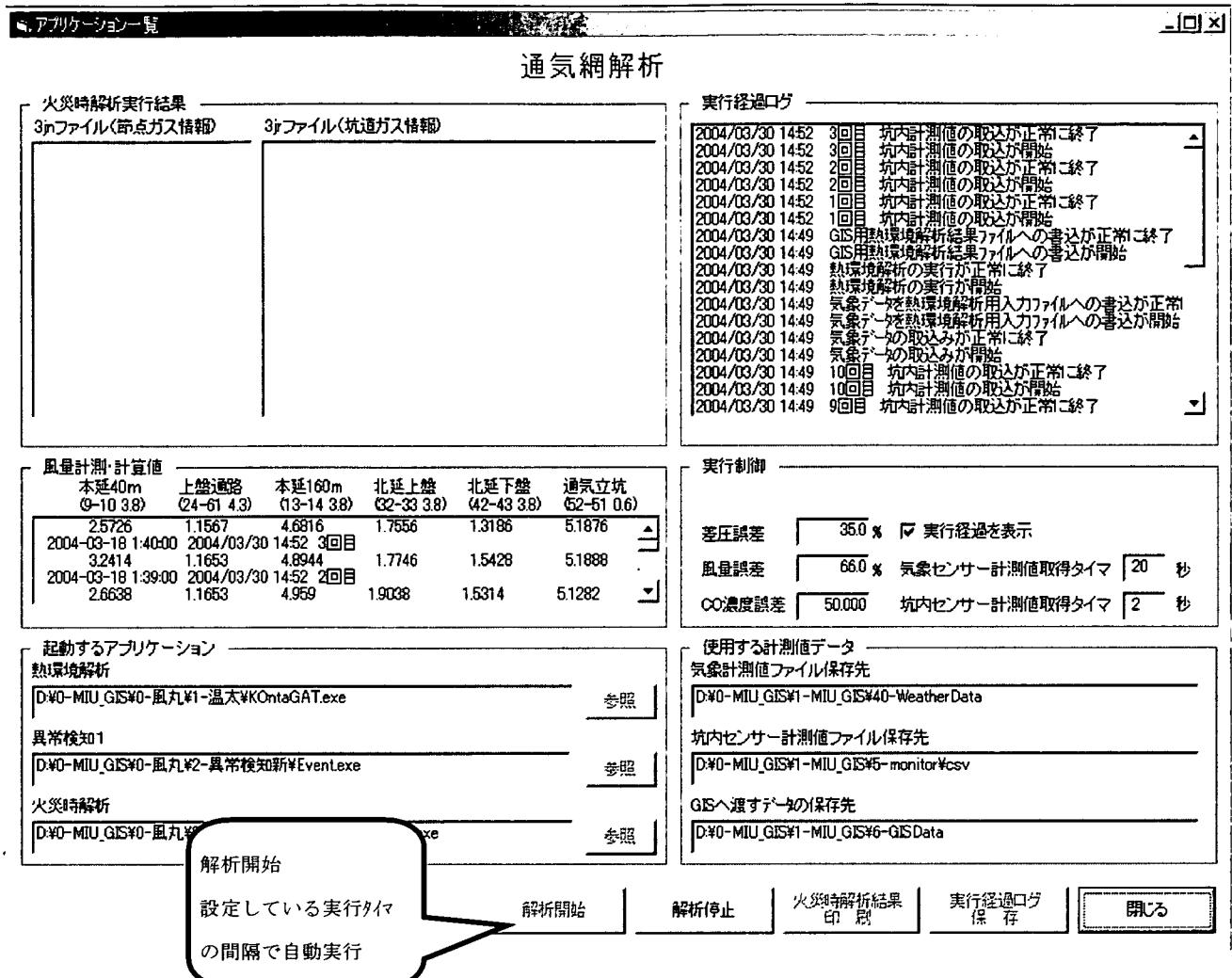


図 5.4-7 自動実行の開始

(6) 実行停止

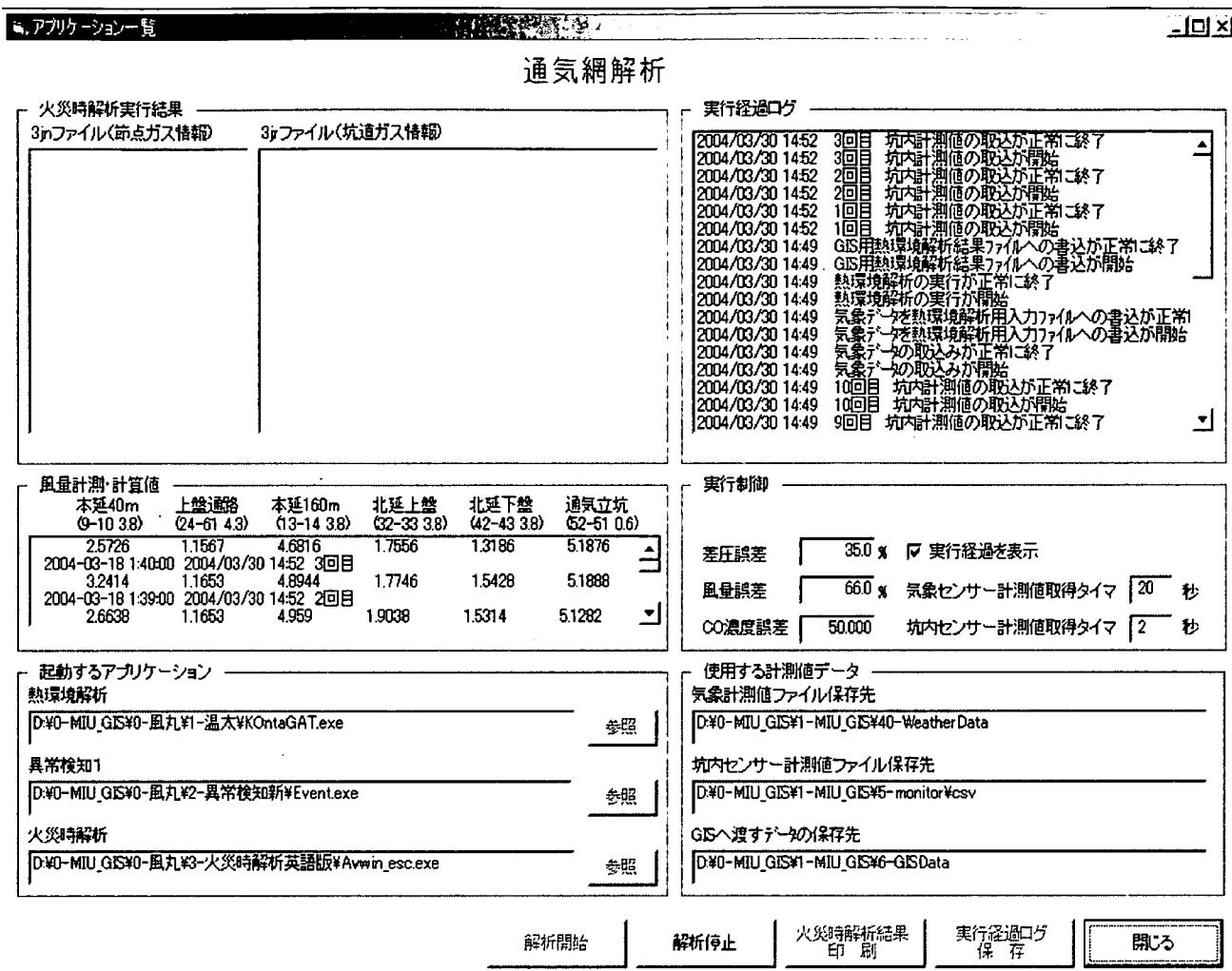


図 5.4-8 実行停止

(7) 実行終了

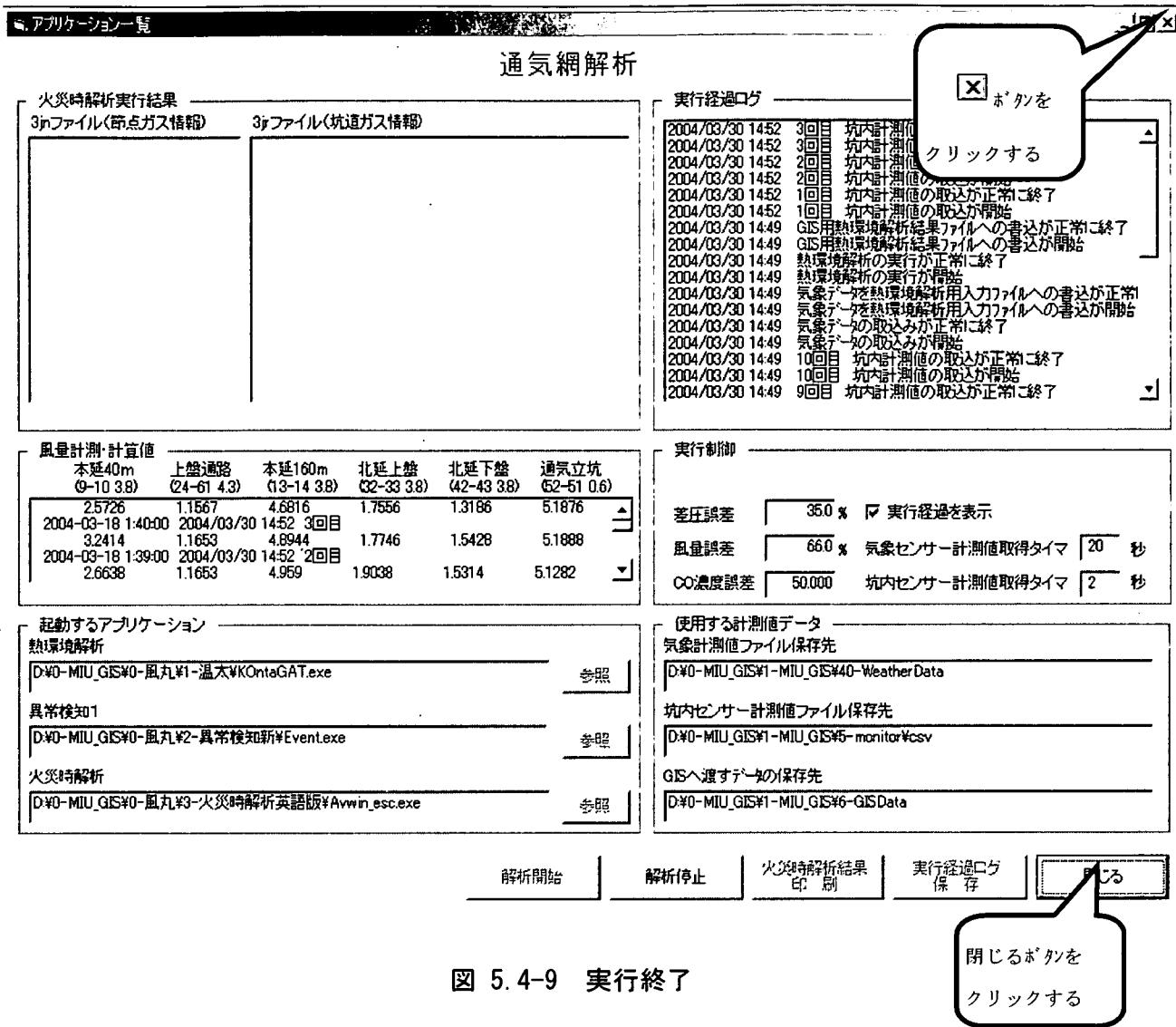


図 5.4-9 実行終了

5.2.4 熱環境解析における画面説明（火災時）

(1) 使用する通気網解析のアプリケーション設定

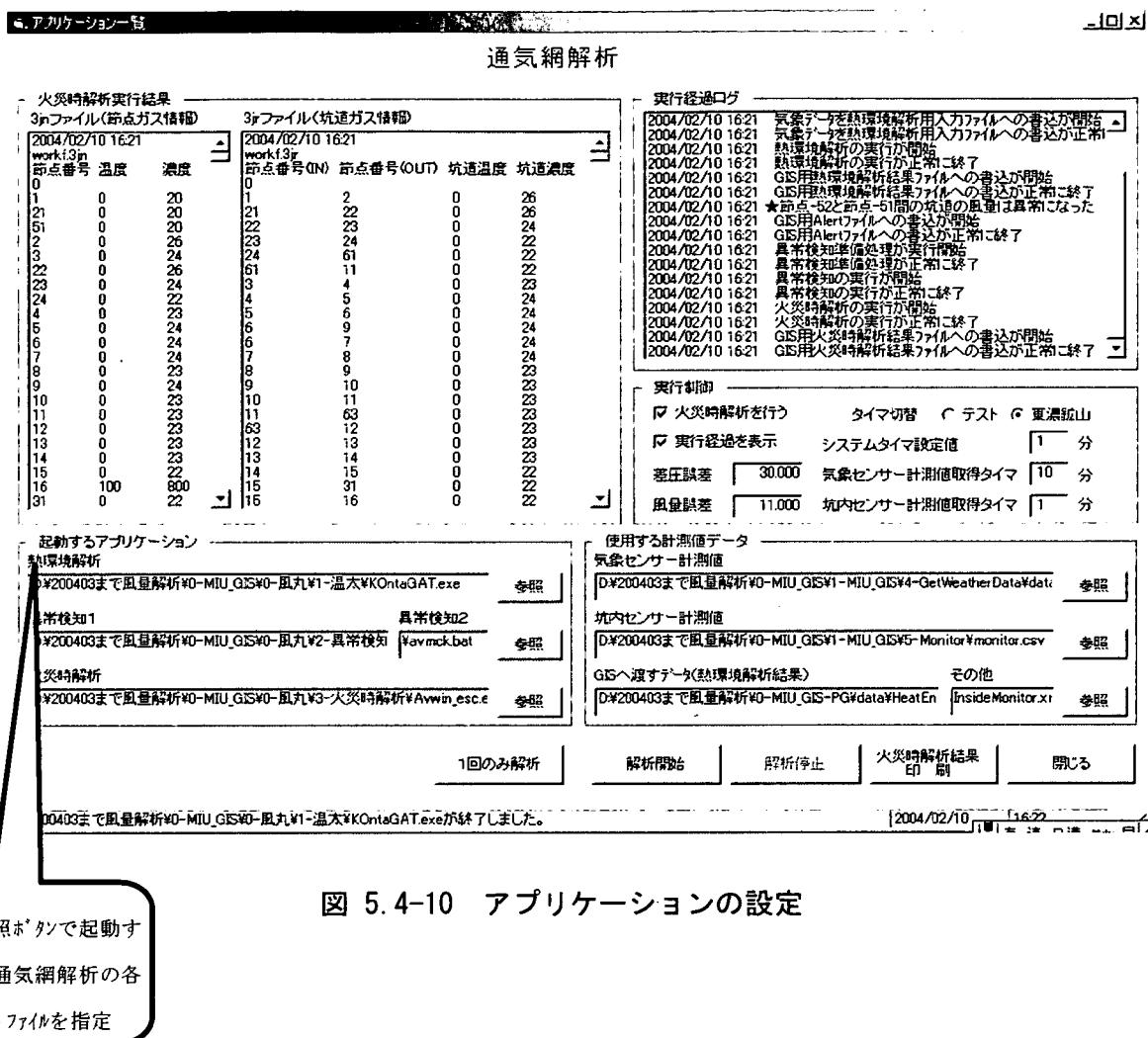


図 5.4-10 アプリケーションの設定

※ 参照ボタンをクリックして、通気網解析の実行ファイルを選択する。

通気網解析は熱環境解析、異常検知システム及び火災時解析の3つのシステムで構成されている。

(2) 監視計測ファイルおよび結果ファイルの設定

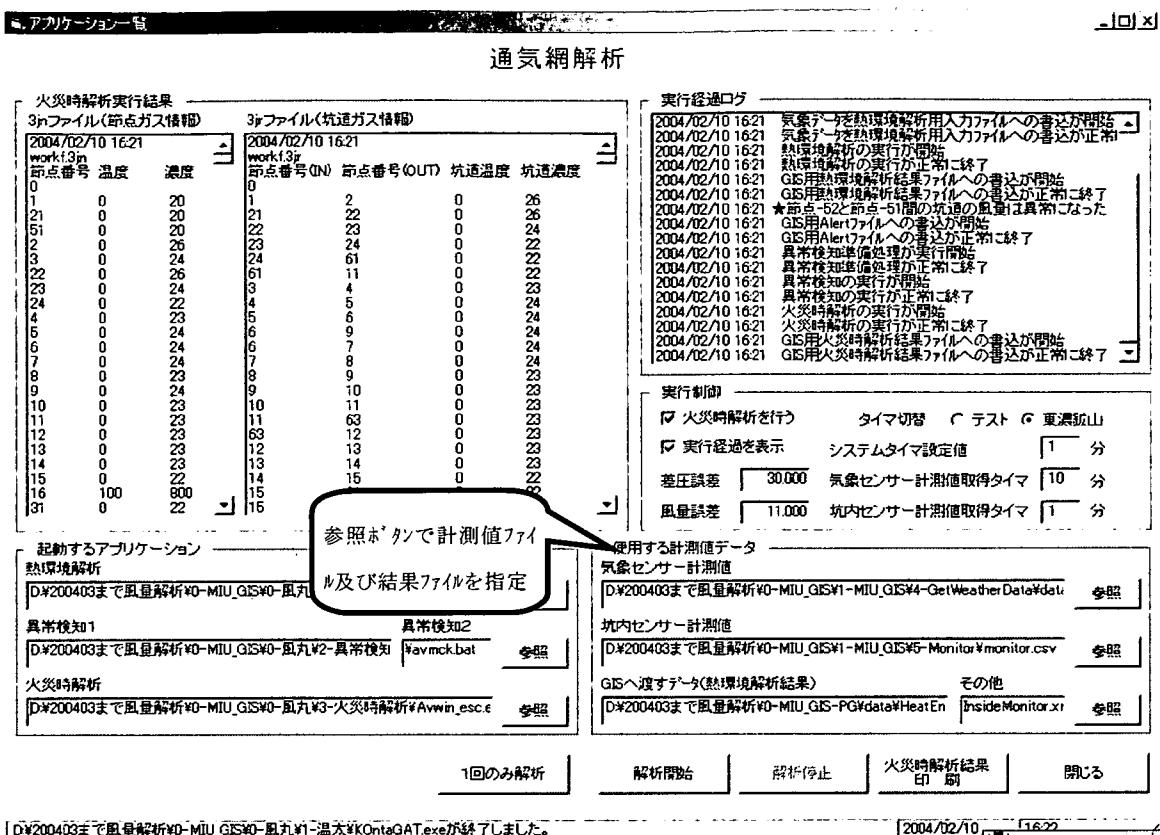


図 5.4-11 監視計測値ファイルおよび結果ファイルの設定

- 注 1) 参照ボタンをクリックして、使用する気象計測値ファイル、坑内センサ計測値ファイル及びG I Sへ渡すファイルを選択することができる。
- 注 2) 気象計測値ファイルは気象データ保存用 P Cに保存されている。
- 注 3) 坑内センサ計測値ファイルは坑内監視システム用 P Cに保存されている。
- 注 4) G I Sへ渡すファイルは下記の 5つのファイルがある。(ファイル形式は. XML である)
 - 1) 気象計測値ファイル (OutSideMonitor. xml)
 - 2) 坑内センサ計測値ファイル (InsideMonitor. xml)
 - 3) 热環境解析結果ファイル (HeatEnvironment. xml)
 - 4) 異常発生の通知ファイル (AlertInformation. xml)
 - 5) 火災時解析結果ファイル (FireAnalize. xml)

(3) 実行制御パラメータの設定

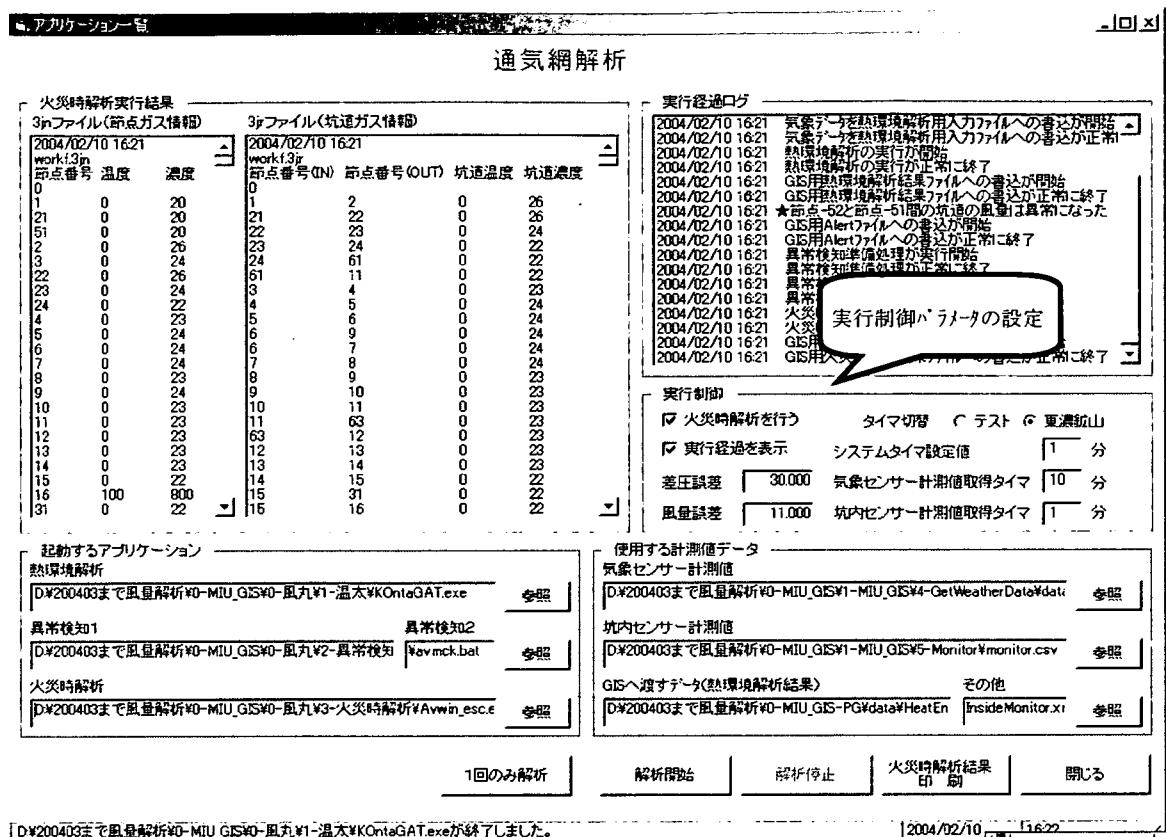


図 5.4-12 実行制御パラメータの設定

(4) 火災時解析の開始

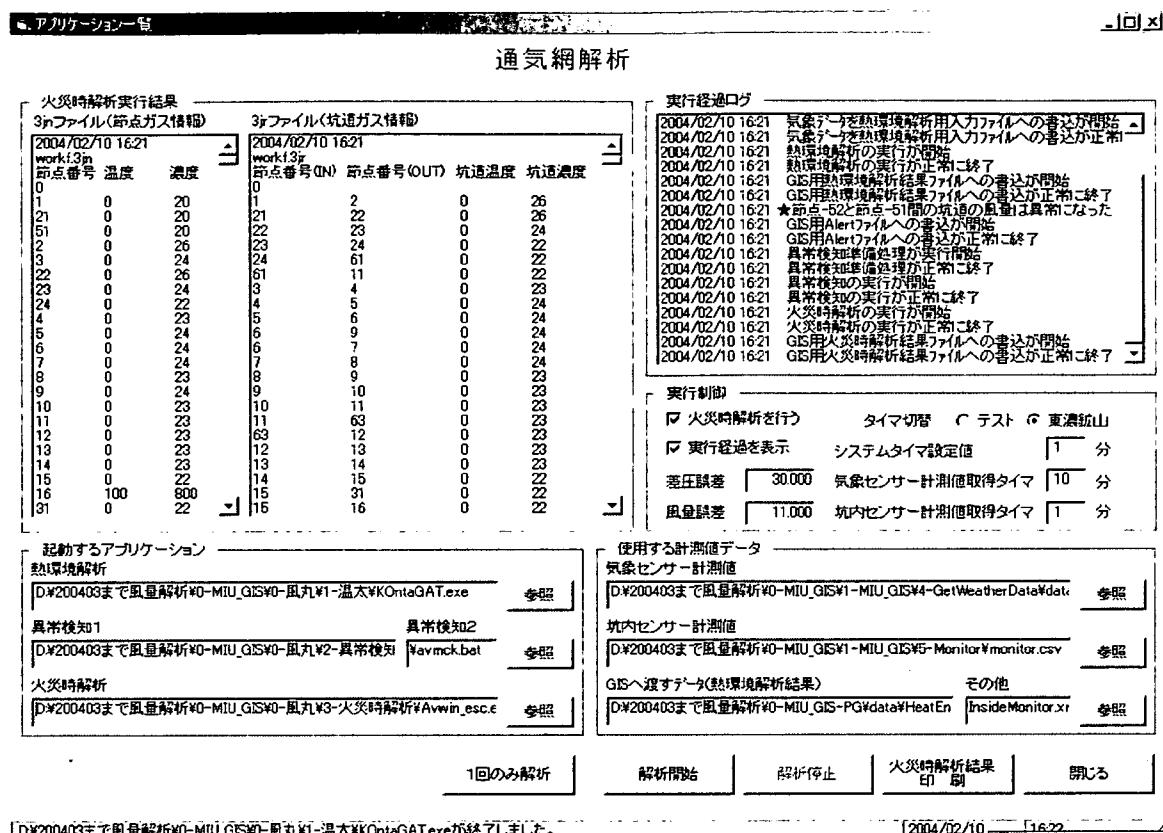


図 5.4-13 火災時解析の開始

火災時解析の結果ファイルは節点ファイルと坑道ファイルの 2つである。

(5) 実行結果のログ表示

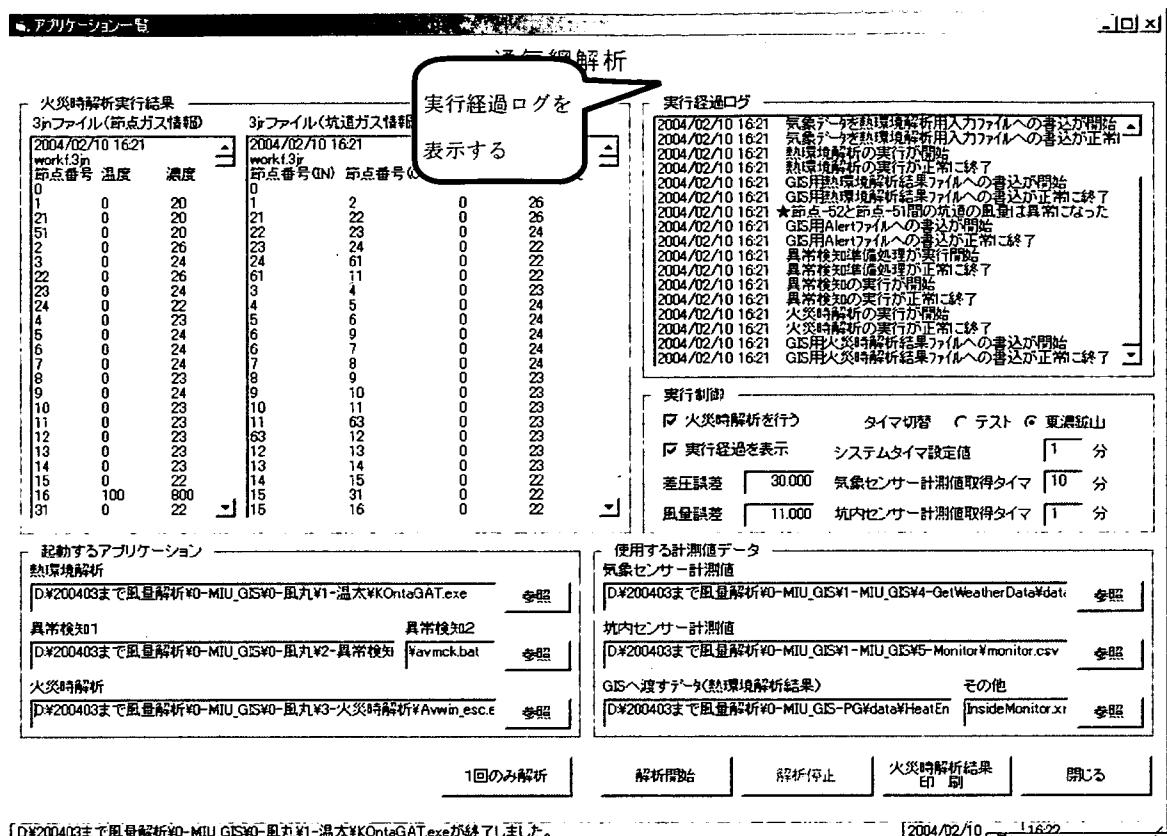


図 5.4-14 実行結果ログの表示

(6) 自動実行の開始

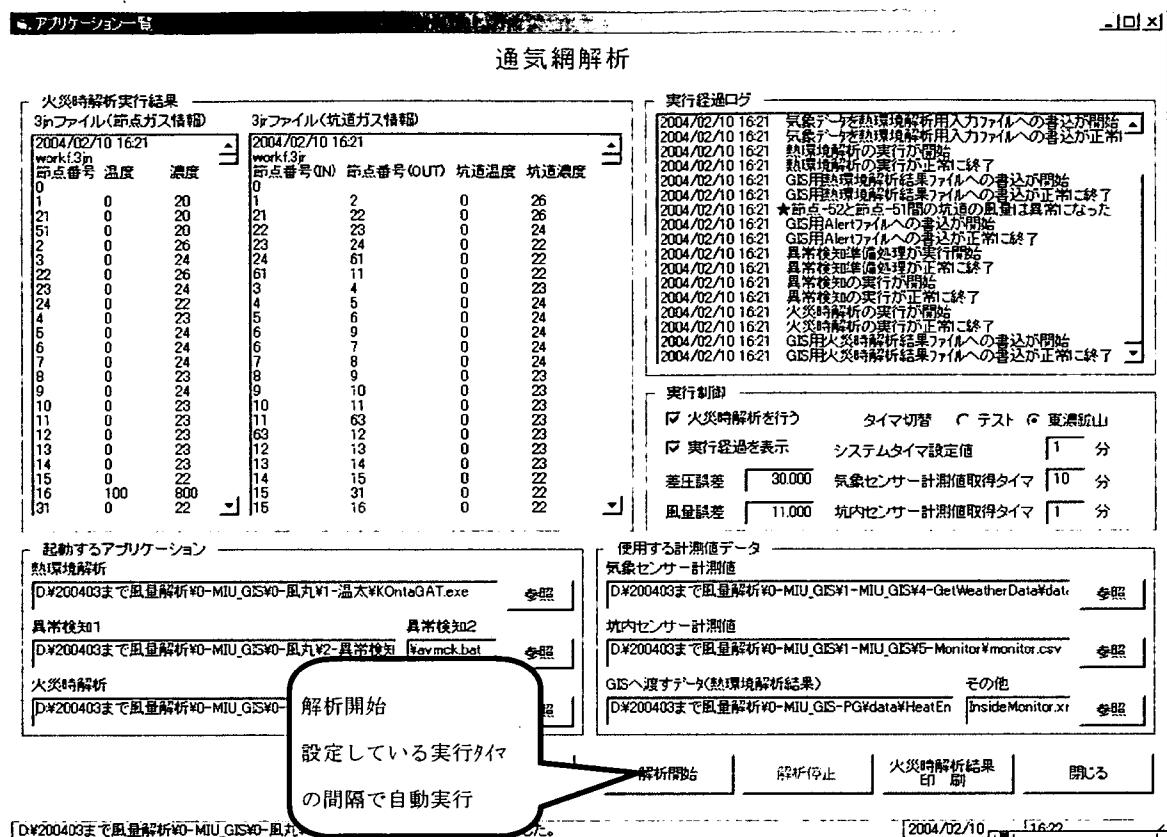


図 5.4-15 自動実行の開始

(7) 実行停止

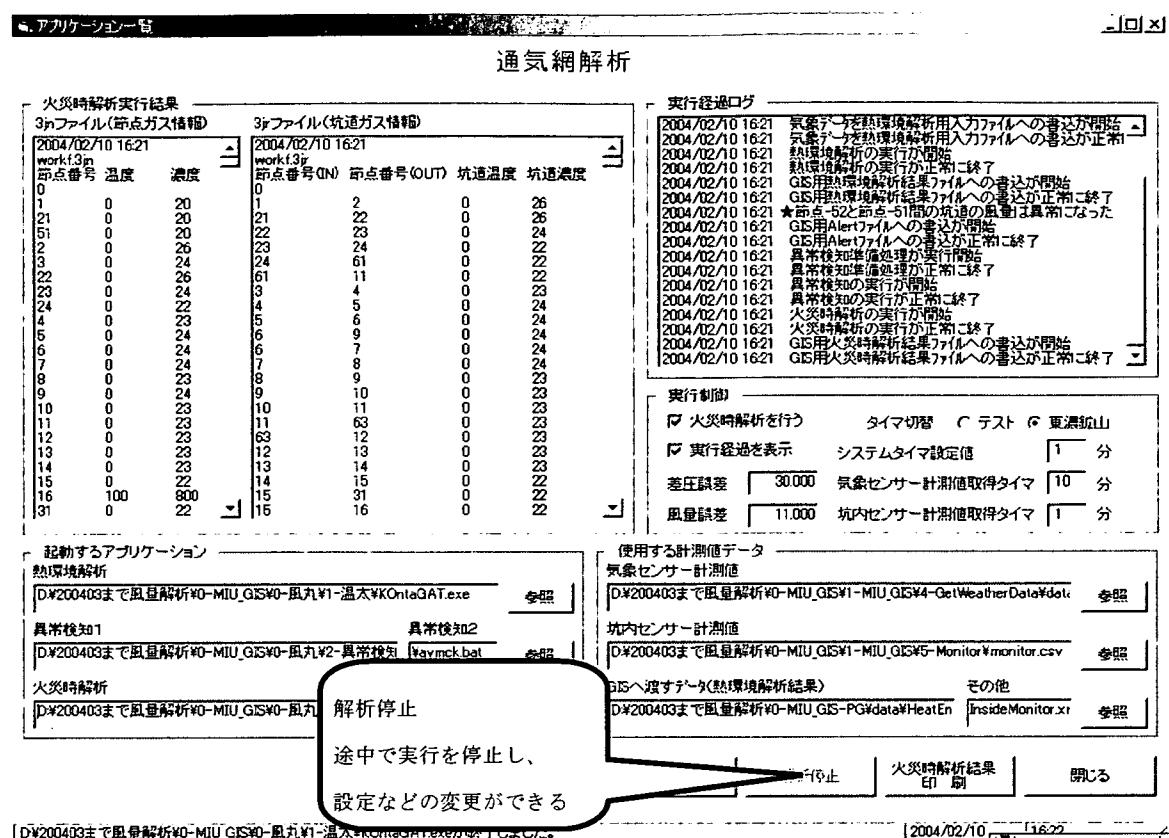


図 5.4-16 実行停止

(8) 実行終了



図 5.4-17 実行終了

(9) 火災時解析結果ファイルの印刷

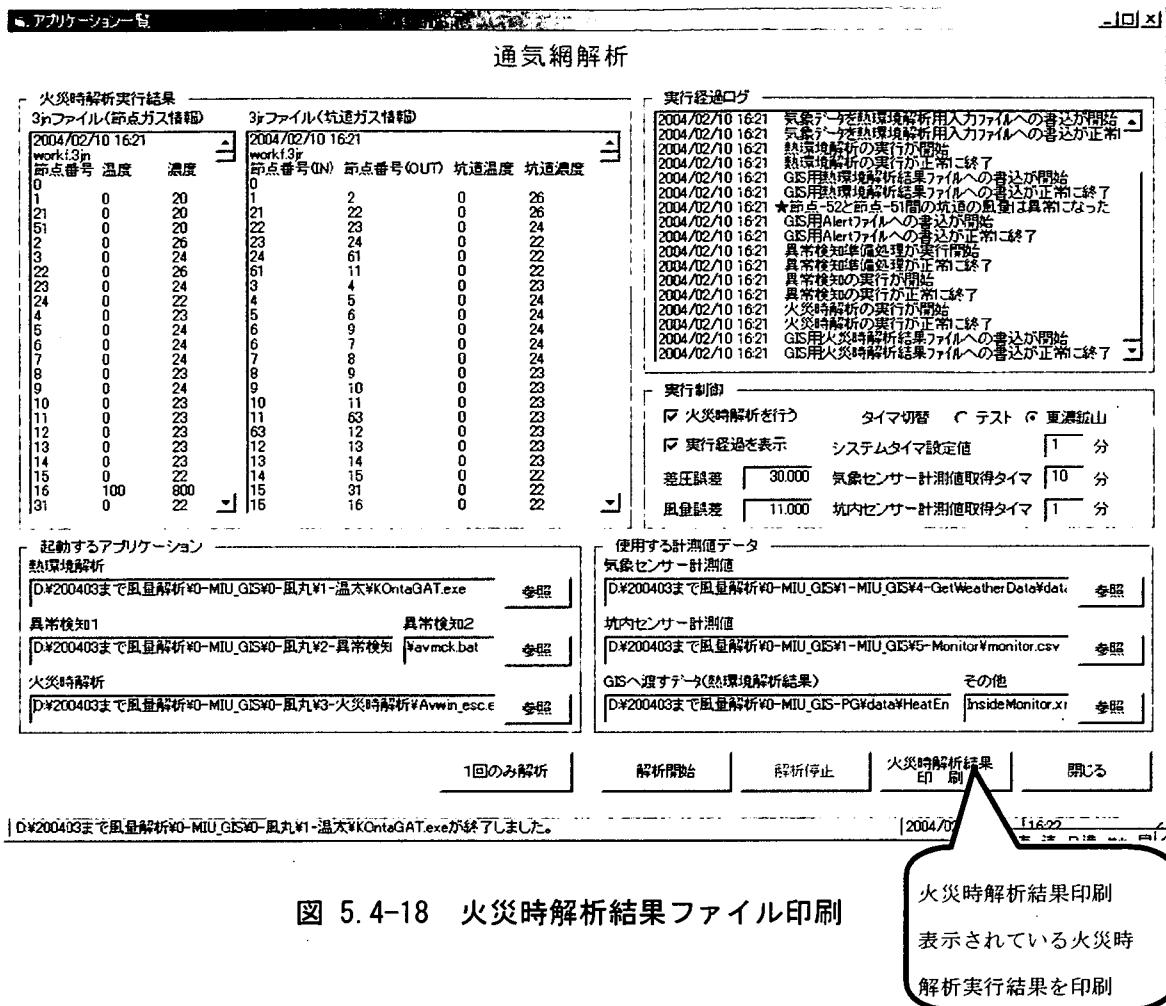


図 5.4-18 火災時解析結果ファイル印刷

- 火災時解析結果印刷ボタンで画面に表示されている 2 つの火災時解析実行結果のデータファイルを印刷することができる。
- 印刷は一括で 3jn、3jr の 2 つのデータファイルをまとめて印刷するか、または個々を選択し、印刷することができる。
- ファイル毎で印刷は改頁する。

(10) 異常検知後の画面警告表示

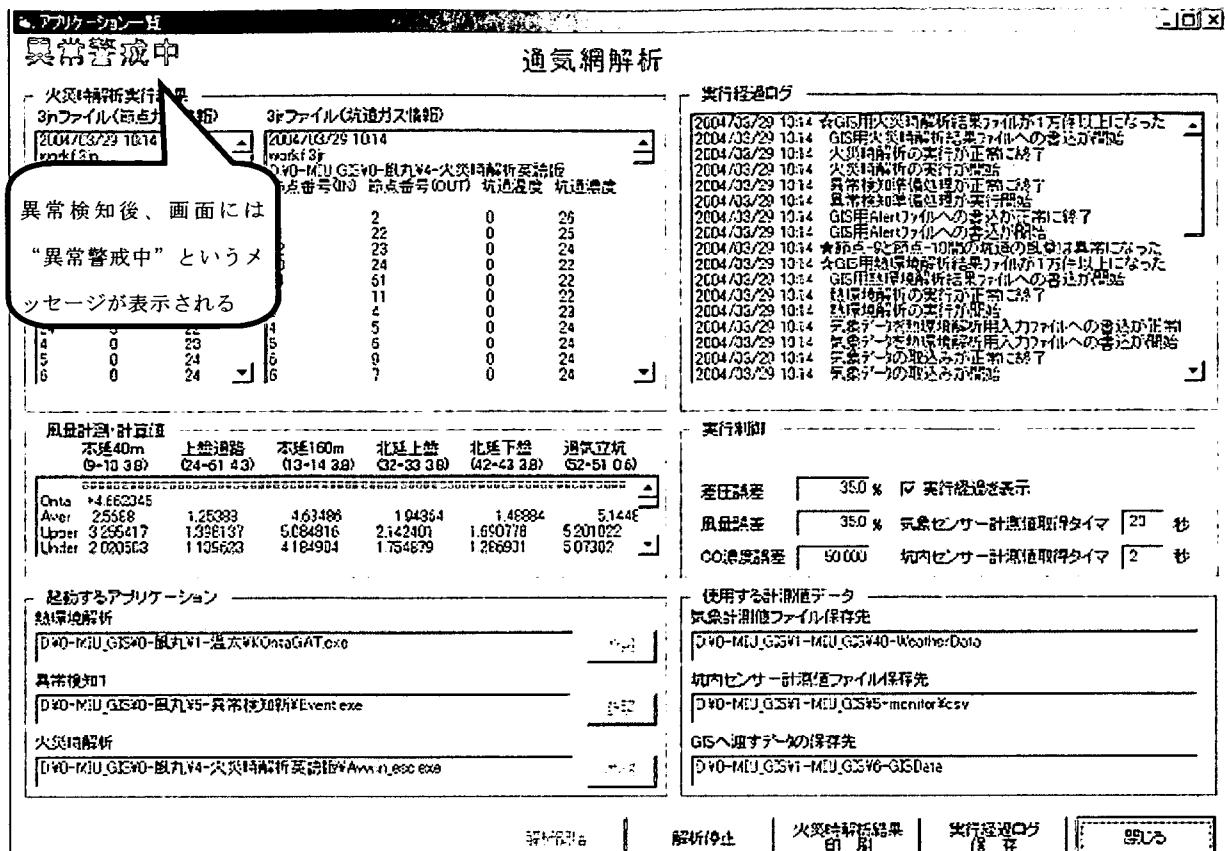


図 5.4-19 異常検知後の警告画面

5.2.5 解析結果

解析結果は画面にモデル表示される。

(1) 火災時解析開始時

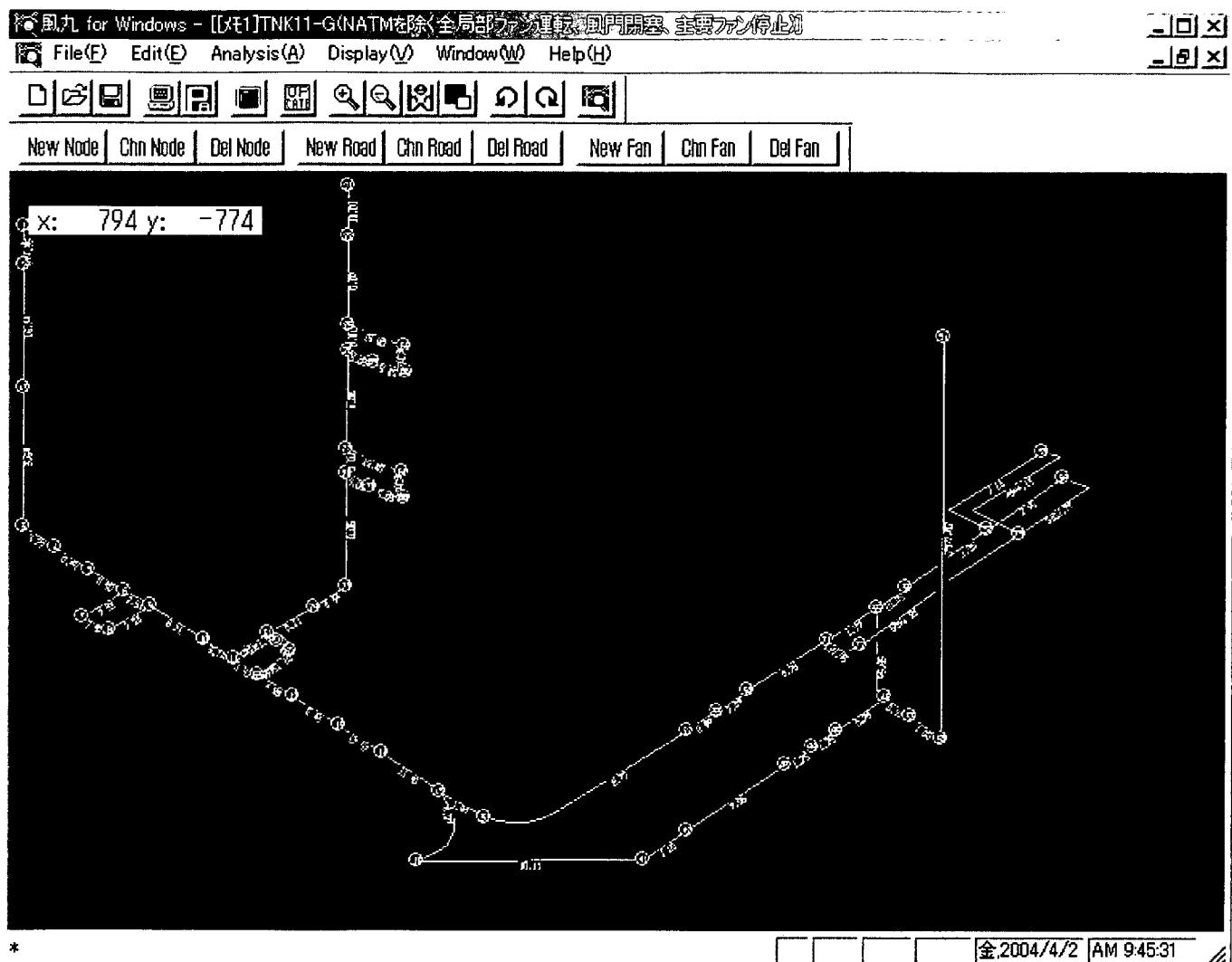


図 5.4-20 火災時解析開始時

(2) 火災時解析終了時（火災発生）

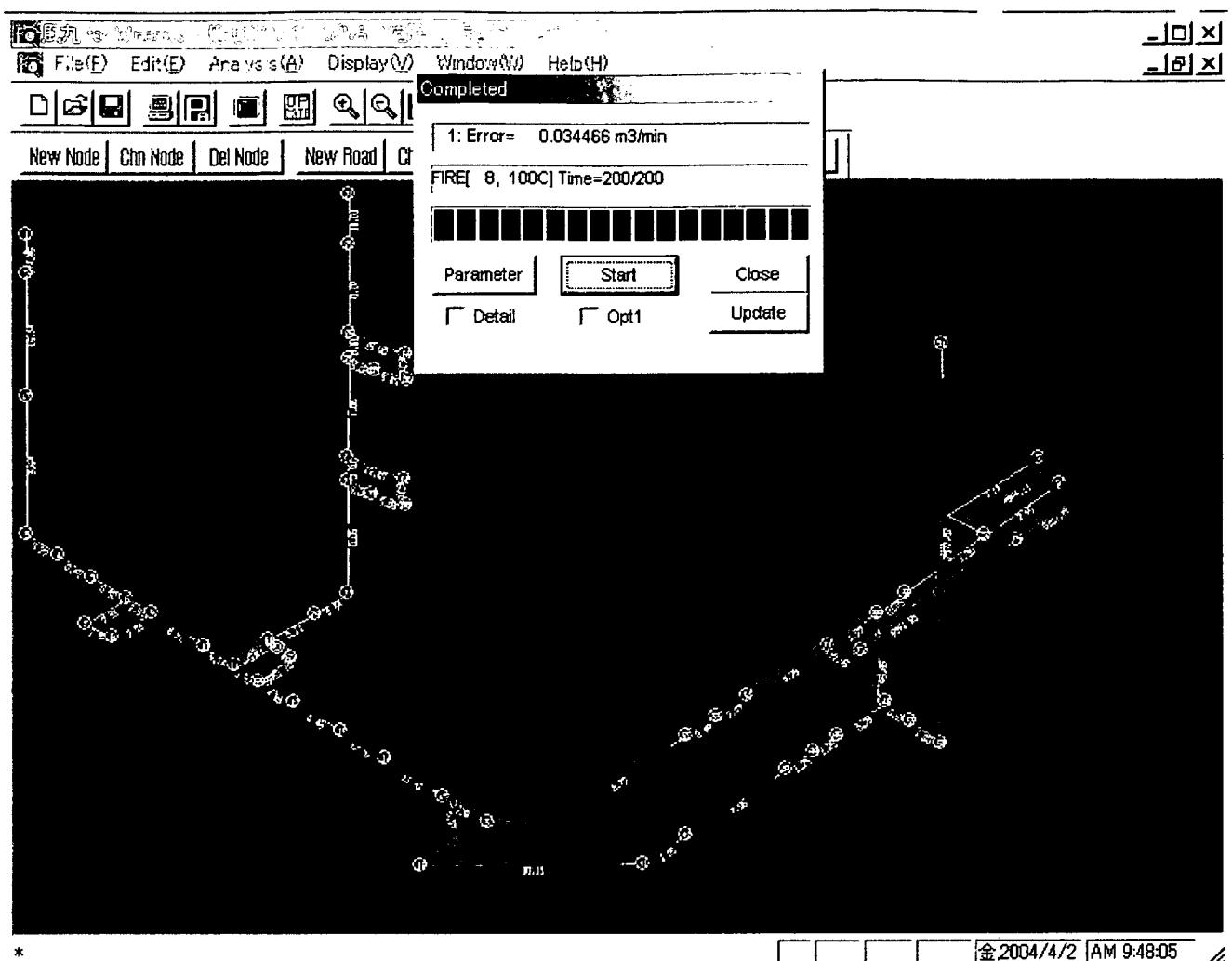


図 5.4-21 火災時解析終了時

5.2.6 実行経過ログ

実行経過は画面に逐次表示される。

正常時解析経過ログ

メッセージは順次更新され、新しいメッセージは常に一番上に表示される。

正常時の解析経過を以下に示す。

サンプルは坑内センサデータ採取時間を1回4秒に短縮している。

実際は坑内センサデータは1分おきに、坑外気象データは10分おきに採取される。

2004/04/02 11:08 気象データの取込みが開始
2004/04/02 11:08 10回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 10回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:08 9回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 9回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:08 8回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 8回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:08 7回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 7回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:08 6回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 6回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:08 5回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 5回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:08 4回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 4回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:08 3回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 3回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:08 2回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 2回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:08 1回目 坑内計測値の取込が正常に終了
2004/04/02 11:08 1回目 坑内計測値の取込が開始
2004/04/02 11:04 GIS用熱環境解析結果ファイルへの書き込みが正常に終了 }
2004/04/02 11:04 GIS用熱環境解析結果ファイルへの書き込みが開始 }
2004/04/02 11:04 熱環境解析の実行が正常に終了 }
2004/04/02 11:04 熱環境解析の実行が開始 }
2004/04/02 11:04 気象データを熱環境解析用入力ファイルへの書き込みが正常に終了 }
2004/04/02 11:04 気象データを熱環境解析用入力ファイルへの書き込みが開始 }
2004/04/02 11:04 気象データの取込みが正常に終了 }
2004/04/02 11:04 気象データの取込みが開始 }
2004/04/02 11:04 10回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:04 10回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:04 9回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:04 9回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:03 8回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:03 8回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:03 7回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:03 7回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:03 6回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:03 6回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:03 5回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:03 5回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:03 4回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:03 4回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:03 3回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:03 3回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:03 2回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:03 2回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:03 1回目 坑内計測値の取込が正常に終了 }
2004/04/02 11:03 1回目 坑内計測値の取込が開始 }
2004/04/02 11:03 解析開始 }

第2回目 }
GISへデータを渡す }
熱環境解析の実行 }
熱環境解析の準備 }
気象データを採取する }

第1回目 }
坑内センサデータを10回採取する }

火災時解析経過ログ

2004/04/02 11:38 解析停止
2004/04/02 11:33 GIS用火災時解析結果ファイルへの書き込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 GIS用火災時解析結果ファイルへの書き込みが開始 } GISへ結果を書き込み
2004/04/02 11:33 火災時解析の実行が正常に終了 } 火災時解析
2004/04/02 11:33 火災時解析の実行が開始 } 異常検知処理
2004/04/02 11:33 異常検知準備処理が正常に終了 } 異常検知処理
2004/04/02 11:33 異常検知準備処理が実行開始 } GISへ異常の通知
2004/04/02 11:33 GIS用Alertファイルへの書き込みが正常に終了 } 異常検知の通知
2004/04/02 11:33 GIS用Alertファイルへの書き込みが開始
2004/04/02 11:33 ★節点-9と節点-10間の坑道の風量は異常になった
2004/04/02 11:33 GIS用熱環境解析結果ファイルへの書き込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 GIS用熱環境解析結果ファイルへの書き込みが開始
2004/04/02 11:33 熱環境解析の実行が正常に終了
2004/04/02 11:33 熱環境解析の実行が開始
2004/04/02 11:33 気象データを熱環境解析用入力ファイルへの書き込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 気象データを熱環境解析用入力ファイルへの書き込みが開始
2004/04/02 11:33 気象データの取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 気象データの取込みが開始
2004/04/02 11:33 10回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 10回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 9回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 9回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 8回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 8回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 7回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 7回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 6回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 6回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 5回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 5回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 4回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 4回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 3回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 3回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 2回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 2回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 1回目 坑内計測値の取込みが正常に終了
2004/04/02 11:33 1回目 坑内計測値の取込みが開始
2004/04/02 11:33 解析開始

5.2.7 異常箇所特定システム

(1) 具備機能

異常箇所特定システムに具備された機能は下記の通りである。

- ① 異常検知プログラム処理
- ② 結果による比較判定機能
- ③ 火災影響予測ブロックへデータ転送機能

5.2.8 火災影響範囲予測システム

(1) 火災影響範囲予測システムの概要

火災影響範囲予測システムに具備された機能は下記の通りである。

- ① 通気制御パターンDB機能
- ② 最適通気制御方式検索機能
- ③ 火災時解析
- ④ 火災影響範囲予測機能
- ⑤ GIS管理ブロックへデータ転送機能

(2) 火災影響範囲予測システムの開発

- ① 入力ファイル
- ② 出力ファイル
- ③ XMLファイル
- ④ その他

(3) 東濃鉱山における火災影響範囲予測データベース

東濃鉱山を対象として火災時解析を行い、火災影響範囲予測データベースを構築した。
解析条件は下記の通りである。

① 火災発生源

火災発生源は、本業務の仕様書では第2立坑第1計測坑道、同第2計測坑道、第1変電室、第2変電室、主扇座の5箇所が指定されているが、解析の過程において計測坑道の内部を火源とした場合に火災ガスが計測坑道内部に止まる現象が見られたため、実際には火災ガスは流動するものとし、第1計測坑道口を火源として追加した。また第2立坑口付近にも巻揚機など火源となりうる設備が存在するため、火源として追加し、下記の通り合計7箇所とした。

- ① 第2立坑第1計測坑道^{*1}
- ② 第2立坑第2計測坑道^{*1}
- ③ 第1計測坑道口
- ④ 第1変電室
- ⑤ 第2変電室
- ⑥ 主扇座
- ⑦ 第2立坑口

*1 計測坑道内での火災フロント挙動不安定な場合は、計測坑道入口を火源とする。

② 火災温度

火災温度はサイクル機構殿から提供された資料に基づき、計測坑道内の加工用フィルムの加熱温度が30°Cであること、また着火温度が400~500°Cであること、また可燃物が大量に存在するため激しい火災となることを想定し、平常温度の30°Cから最高温度を1,000°Cに設定した。設定した火災温度は下記の通りである。

- a) 火災初期温度：平常温度(30°Cとする)、50°C
- b) 火災拡大期温度：100°C、200°C、400°C
- c) 火災延焼温度：600°C、800°C、1,000°C

実際の解析は、Bold体で示した温度での解析を先行し、火災ガスの挙動に変化が存在した場合は設定した中間温度での解析を進めた。

③ 解析ケース

火災が発生した場合にケーブルが焼損し、ファンの運転が停止することが予想される。例えば図2-5に示すように、第2立坑は坑口から3,300Vで第1計測坑道のパワーセンターに電源が供給され、変圧器で降圧され、100Vないし200Vで坑口から坑底までの設備に電源が供給される。このため第1計測坑道および第2計測坑道にファンを設置した場合は、火災発生と共にケーブルが焼損し、ファンは停止するものとした。しかし上盤連絡坑道から本延坑道の電源は調査立坑から供給されるため、火災の延焼により本延坑道のケーブルが焼損しない限り主要ファンはもとより上盤連絡坑道風門の局部ファンも継続運転は可能である。一方、本延坑道ルートで火災が発生した場合は、第2立坑ルートの設備は運転可能である。

また火災が発生した場合にファンを停止し、火災ガスの進行を抑制する効果を計る必要がある。さらに、主要ファンの逆転により火災ガス挙動を制御することも考慮する必要がある。

これらの条件から、火災時解析条件としての通気状態は下記の通り設定した。

- a) 定常通気(全ファン運転)：火源ー全ケース
- b) 火災発生源ファン停止(第1計測坑道、第2計測坑道)：火源ー計測坑道

- c) 第2立坑ファン全停(計測坑道ファン、上盤連絡坑道ファン):火源一計測坑道
- d) 主要ファン停止:火源一第1、第2変電室、主扇座
- e) 全ファン停止(計測坑道ファン、上盤連絡坑道ファン、主要ファン):火源一全ケース
- f) 主要ファン逆転:火源一第1計測坑道入口、第1、第2変電室、主扇座

火災が発生した際に、上盤連絡坑道風門の開閉は、火災ガス挙動の制御に効果的な場合と逆に被害の拡大を促す場合があることが予想される。このため、各火源での解析において、風門を定常状態通り閉鎖した状態と、開放した状態について解析を行った。巻末に解析ケース毎の解析結果を示す。

(4) 東濃鉱山における通気制御データベース

火災時解析の結果を受けて適切な通気制御方式を検討し、データベースに蓄積した。下記に、それぞれのケースにおける火災時解析の結果と通気制御を行った場合の評価を示す。

① 計測坑道および第2立坑口での火災

主要ファンを運転した状態においては、計測坑道のファンは焼損のため、またNATM坑道のファンは火災ガスの進入某氏のため停止する。第1計測坑道の火災では上盤連絡坑道の局部ファンの運転停止、上盤連絡坑道の風門の開閉に拘わらず、火災ガスは第2立坑を降下し、上盤連絡坑道口まで汚染して停止する。一部低温の火災では、計測坑道の内部のみが汚染されて第2立坑に火災ガスが流入しないケースも見られる(参考図1・7~1・15参照)。

一方、第2計測坑道での火災では、火災ガスは第2立坑から上盤連絡坑道を経由し、本延坑道、240m北延上盤坑道、同下盤坑道を通って主要ファンに達し、通気立坑から排出される。即ち火源からNATM坑道を除く奥部全域が火災ガスで汚染されることになる(参考図1・22~1・33参照)。

第1計測坑道の火災と第2計測坑道の火災の違いは、微妙な通気圧の相違によるもので、実際には第2計測坑道での解析結果同様、火災ガスによる汚染範囲は拡大すると予想される。このため第1計測坑道入口を火源とした解析を実施した。この結果、低温では第2計測坑道での解析同様奥部全域が汚染される結果を得たが、高温では火災による浮力で火災ガスが第2立坑を上昇する結果を得た(参考図1・40~1・49参照)。

また主要ファンを停止した場合は、上盤連絡坑道の風門開閉に拘わらず、第1計測坑道、第2計測坑道、第1計測坑道入口全ての火災において、火災ガスは第2立坑を上昇した(参考図1・1~1・6、参考図1・16~1・21、参考図1・34~1・39参照)。

次に主要ファンを逆転させた場合、第2立坑は排気となり、火災による浮力が働くこともあるって、火災ガスは第2立坑を上昇する結果を得た(参考図1・50~1・58参照)。

第2立坑口で火災が発生した場合は、主要ファンの運転停止、上盤連絡坑道の局部フ

アン運転停止および風門開閉に拘わらず、火災フロントの進行時間は長いが、最終的に第2立坑から本延坑道、240m北延上盤坑道、同下盤坑道全域を汚染する。ただし全てのファンを停止した時は解析不能で、これは自然通気圧により第2立坑を微量の風が上昇しているために火災ガスが第2立坑に進入せず、解析条件を満たさなかったためと思われる(参考図1・59～1・73参照)。

第1計測坑道、第2計測坑道いずれの火災でも、主要扇風機を運転している限り、火災ガスは第2立坑を降下し、本延坑道を経由して240m北延上盤坑道、同下盤坑道を汚染して主要ファンにより通気立坑から排出される。即ち広範囲な火災ガスによる汚染が予想される。しかし高温の火災の場合には必ずしも第2立坑を降下せず、浮力により第2立坑を上昇する可能性がある。特徴的であるのは、いずれの火災のケースでも、第2立坑内および上盤連絡坑道内の火災ガスの進行速度は遅く、特に風門が閉鎖されている時はより進行速度が遅くなることである。

一方、主要ファンおよび上盤連絡坑道の局部ファンを停止すると、風門の開閉に関わりなく火災ガスは第2立坑を上昇し、汚染範囲は火源から立坑口までに限定される。このことから、確実に火災ガスを制御する方法は、全ファンの停止をすることで火災による浮力を用いて火災ガスを第2立坑口に誘導する方法であり、この場合に火源から第2立坑下方は安全区画を確保することができる。特に第2立坑口での火災においては、主要ファンが運転している限り火災ガスは坑内全域を汚染するが、全ファンを停止することで火災ガスは坑内に進入しない。

② 変電室での火災

第1変電所での火災では、本延坑道ルートの電源は全て焼損してファンは停止するものと考えられ、この結果、第2立坑系統を除く第1変電所以奥の坑道は全て火災ガスに汚染される(参考図1・75～1・80参照)。

一方、火災が局所的なもので、仮にケーブルが焼損せずに主要ファンが運転可能な場合、逆転させることが可能となる。この場合は、上盤連絡坑道の局部ファンの運転停止、風門の開閉に拘わらず、火災ガスは本延坑道の一部を汚染して調査立坑から排出される(参考図1・81～1・83参照)。

第2変電所での火災の場合、ケーブル焼損により主要ファンが停止した場合には、240m北延下盤連絡斜坑のみを汚染し、火災ガスの汚染範囲は拡大しない。しかし火災温度が高温となると、240m北延上盤坑道、同下盤坑道に限らず、火源から奥部全域が汚染される(参考図1・90～1・97、(参考図1・102～1・106参照)参照)。一方、主要ファンが運転可能な場合、火災ガスは連絡斜坑から240m北延下盤坑道のみを汚染して通気立坑から排出される(参考図1・98～1・101参照)。

次に主要ファンを逆転させた場合、火災ガスは本延坑道を逆流するが、上盤連絡坑道の風門を開放すると、上盤連絡坑道を経由して第2立坑を上昇して排出される。一方風門を閉鎖し、上盤連絡坑道の局部ファンを停止すると、火災ガスは第2立坑側と調査立

坑側に分かれて双方を汚染してそれぞれの立坑から排出される。ここで上盤連絡坑道の局部ファンを運転すると、火災ガスの流路は調査立坑側のみとなり、第2立坑系統は汚染されない(参考図1・107～1・115参照)。

第1変電所での火災では、坑内の電源の大元での火災である以上、必然的に第2立坑系統を除くファンは停止する。この時、火災条件や風門の開閉に拘わらず、時間は要するが第2立坑系統を含む奥部全域が火災ガスに汚染される。即ち第1変電所より調査立坑側を除いて安全区画はなく、また通気制御により安全区画を確保することはできない。

しかし仮に火災が局部に止まり、主要ファンの運転が可能な場合は、主要ファンの逆転は効果的で、第2立坑系統の安全区画化を図ることが可能である。

一方、第2変電所での火災では、低温の火災では主要ファンの運転に拘わらず連濁斜坑と240m北延下盤坑道のみ、または下盤坑道を経由して通気立坑から火災ガスが排出され、本延坑道および240m北延上盤坑道は火災ガスで汚染されない。しかし高温状態では240m北延上盤坑道にも汚染が拡がる。いずれの場合も本延坑道には火災ガスは進入しない。

主要ファンを逆転させた場合、240m北延上盤坑道および同下盤坑道は火災ガスによる汚染は免れ、本延坑道を火災ガスが逆流する。風門を閉鎖し、上盤連絡坑道の局部ファンを運転していれば、第2立坑系統は火災ガスの汚染を免れるが、本延坑道が汚染されるため避難ルートは限定される。

③ 主扇室での火災

主扇室での火災では、主扇は当然焼損して停止するが、この場合上盤連絡坑道の局部ファン運転停止に拘わらず、火災ガスは通気立坑から排出される(参考図1・116～1・121参照)。

一方、仮に主扇室で主要ファンに関係しない設備の局所的な火災であり、主要ファンケーブルが生きている場合には、逆転が考えられる。この場合、火災ガスは240m北延上盤坑道、同下盤坑道を経由して本延坑道を逆流し、第2変電室での火災同様上盤連絡坑道の風門を開放すると、上盤連絡坑道を経由して第2立坑を上昇して排出される。一方風門を閉鎖し、上盤連絡坑道の局部ファンを停止すると、火災ガスは第2立坑側と調査立坑側に分かれて双方を汚染してそれぞれの立坑から排出される。ここで上盤連絡坑道の局部ファンを運転すると、火災ガスの流路は調査立坑側のみとなり、第2立坑系統は汚染されない(参考図1・122～1・130参照)。

主要ファンは焼損により停止するが、その他の通気制御の実施に拘わらず火災ガスは通気立坑から排出される。従って、坑内ほとんどが安全区画となる。

また、仮に主要ファンの運転が確保され逆転させたとしても、いたずらに火災ガスによる汚染範囲を拡げるだけで、逆効果である。

表 5.4・9 に火災時解析結果の総括表を示す。

モデルケース、即ち通気制御パターンとしては、A～J の 10 パターンが考えられる。このパターンを表 5.4・10 に整理する。火災時解析の結果、これらの通気制御パターンのうち、火源と火災温度に対応した適切な通気制御方式を下記の通り設定し、データベースとして蓄積しておく(表 5.4・11 参照)。

表 5.4-9 火災時解析結果総括

火源 通気制御方法	局部ファン制御				風量制御 上盤連絡坑道	NATM坑道	主要ファン制御 通気立坑底	モデルケース	解析結果(火災ガスの発動)			
	第1計測坑道	第2計測坑道	上盤連絡坑道	NATM坑道					E	D	C	B
第1計測坑道	×	×	×	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
第2計測坑道	×	×	×	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
第1計測坑道入口	×	×	×	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
第2計測坑道入口	×	×	×	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
第1立坑	×	×	×	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
第2立坑	×	×	×	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
第1延長坑道	停止	停止	停止	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
第2延長坑道	停止	停止	停止	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
第1延長坑道	停止	停止	停止	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
第2延長坑道	停止	停止	停止	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止
土庫室	○	○	○	○	停止	停止	○	○	停止	停止	停止	停止

表 5.4-10 通気制御パターン

ケース		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
局部ファン制御	第1計測坑道	停止	停止	停止	停止	停止	運転	運転	停止	停止	停止
	第2計測坑道	停止	停止	停止	停止	停止	運転	運転	停止	停止	停止
	上盤連絡坑道	停止	停止	停止	停止	運転	運転	運転	停止	停止	停止
	NATM坑道	停止									
風門制御	上盤連絡坑道	閉鎖	開放	開放	閉鎖	閉鎖	閉鎖	閉鎖	開放	閉鎖	閉鎖
主要ファン制御	通気立坑底	停止	停止	運転	運転	運転	運転	停止	逆転	逆転	運転

* 網掛け部は通常の運転状態を変更するもの

表 5.4-11 通気制御方式の設定

火 源	火災温度	通気制御			
		主要ファン	局部ファン		通気門
			上盤連絡	その他	
第1計測坑道	低温	停止	停止	停止	閉塞
	高温	停止	停止	停止	閉塞
第2計測坑道	低温	停止	停止	停止	閉塞
	高温	停止	停止	停止	閉塞
第2立坑口	低温	停止	停止	停止	閉塞
	高温	停止	停止	停止	閉塞
第1変電室	低温	停止	運転	停止	閉塞
	高温	停止	運転	停止	閉塞
第2変電室	低温	停止	運転	停止	閉塞
	高温	停止	運転	停止	閉塞
主扇室	低温	停止	運転	停止	閉塞
	高温	停止	運転	停止	閉塞

5.3 GIS システム

プロトタイプにおいて GIS が提供する機能は DBMS、GUI および避難ルート解析機能である。基本概念は瑞浪超深地層研究所用に構築したシステムと同様であるが、規模や機能面については縮小版となっている。また、坑道の骨格などは動作試験を実施する東濃鉱山のデータを用いて作成を行った。

5.3.1 データベースマネジメントシステム(DBMS)

DBMS の導入は坑内におけるあらゆるデータを一元管理し統合することで解析、評価、管理作業を簡素化しコスト削減につながるとともに、相互のデータをシームレスに使用できる環境となる。

瑞浪向けシステムはマルチクライアントによるデータ編集や参照などを想定しており、SDE および Oracle などの DBMS アプリケーションの導入を想定しているが、今回作成したプロトタイプはシングルユーザーによる各機能の動作確認を目的としているため、SDE や Oracle の導入や導入の際の設計は実施せず、代替アプリケーションとしてそれぞれパーソナルジオデータベース、Access を導入した。パーソナルジオデータベースおよび Access は基本的な機能（データ保存など）は SDE、Oracle と同様であるがマルチユーザーによる編集などには対応できないため、安価ではあるが大規模なマルチユーザーによる環境には向いていない。したがって、瑞浪超深地層研究所への導入にはさらなる設計と構築が必要である。

(1) DBMS 概要

プロトタイプの DBMS に格納するデータは坑道やセンサ位置などの空間データとその属性や管理者情報などの属性データ（テーブルデータ）である。また、外部解析システムの解析結果およびセンサからのデータも全て DBMS に格納する。GIS および外部解析システムならびにセンサデータとのデータフローを図 5.4-22 に示す。

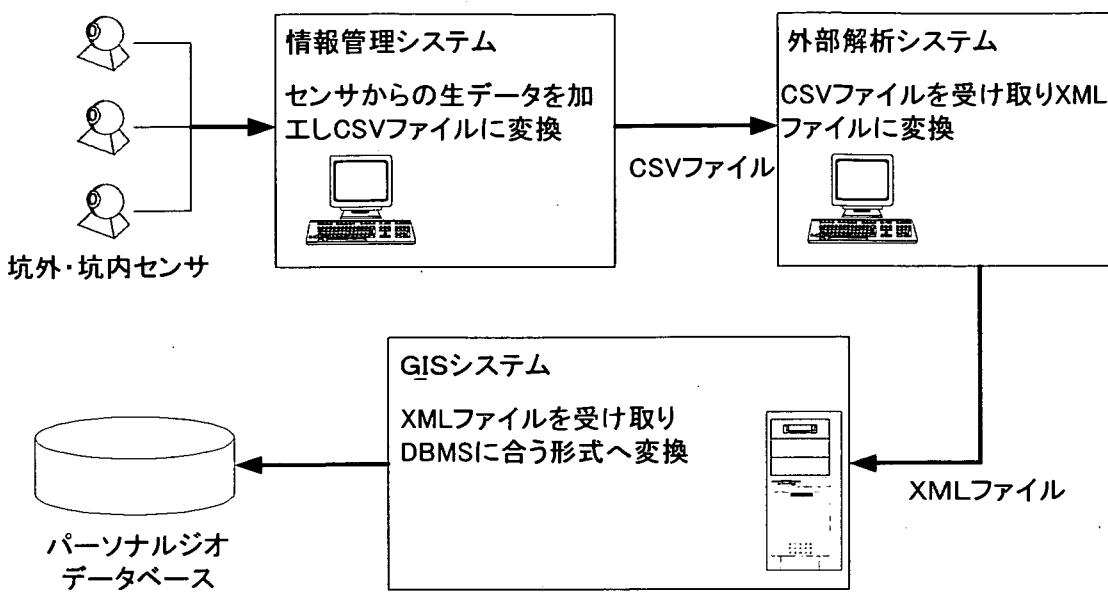


図 5.4-22 データフロー図

(2) データフロー詳細

図 5.4-22 に示したとおり本システムのデータはすべて GIS データベースであるジオデータベースの中に格納される。センサデータはすべて外部解析システムが持つ情報管理モジュールにより収集整理され GIS データベースへ渡される。また外部解析システムから GIS データベースへは XML (Extensible Markup Language) ファイルによるファイル受け渡しにより行う。以下に外部解析システムから GIS データベースへ受けわたすデータの種類、方法および XML ファイルのフォーマット例を示す。

(a) データの種類

- ・坑内センサデータ

データ項目
センサーID、日時、風速、風量、温度、湿度、Fan差圧、CO濃度

- ・坑外センサデータ

データ項目
センサーID、日時、平均風向、平均風速、最大風向、瞬間風速、気温、露天温度、相対湿度、実効湿度、海面気圧、現地気圧、日雨量、蒸発、日射、放射、日照、大気安定度

・熱環境解析

データ項目
日時、節点CD,乾球温度,湿球温度,相対湿度,エンタルピ,絶対圧力
日時、接点1CD,接点2CD,標準風量,空気密度

・火災時解析

火災発生アラート

データ項目
種別、発生日時、内容

火災影響範囲解析結果

データ項目
表示間隔、火源節点、火災温度、計算間隔、計算終了時、濃度変化、計算回数、FRV、FireDisp、坑外温度、誤差、加速、ファイル
日時、接点CD,時間,温度,濃度
日時、接点1CD,接点2CD,時間,坑道温度,坑道濃度,通気質量流量

(b) 受け渡し方法

本プロトタイプでは、図 5.4-22 の通りセンサと解析サブシステム間のデータやりとりを CSV ファイルで行い、GIS と解析サブシステム間を XML ファイルで行う。以下に解析サブシステムと GIS 間のデータ受け渡し方法を示す。

坑内センサおよび坑外センサ並びに熱環境解析データは、解析サブシステムが一定時間毎に各センサデータを取得し、サブシステム内の特定の XML ファイルに書き込む。GIS は常時サブシステムの特定 XML ファイルを監視しており、ファイルの情報が更新されると GIS 側へ取り込む。異常発生アラートファイルや火災時解析結果ファイルは各イベントが発生した際、サブシステム側から自動的に GIS 側の特定ファイルへデータを渡す。

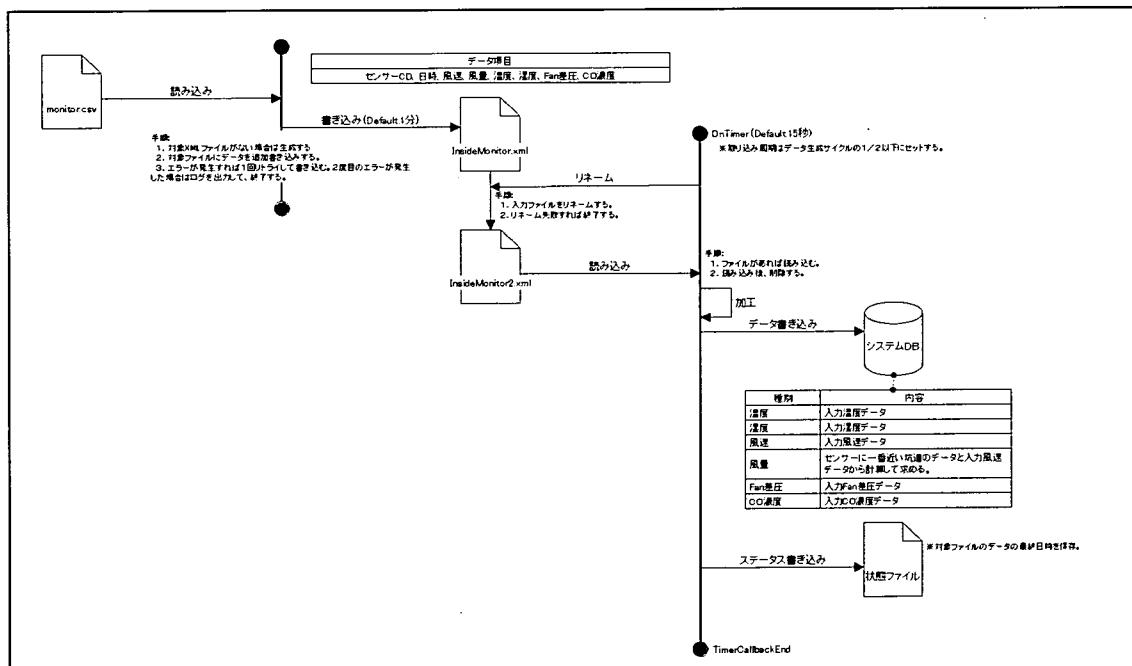


図 5.4-23 坑内データ受け渡し方法

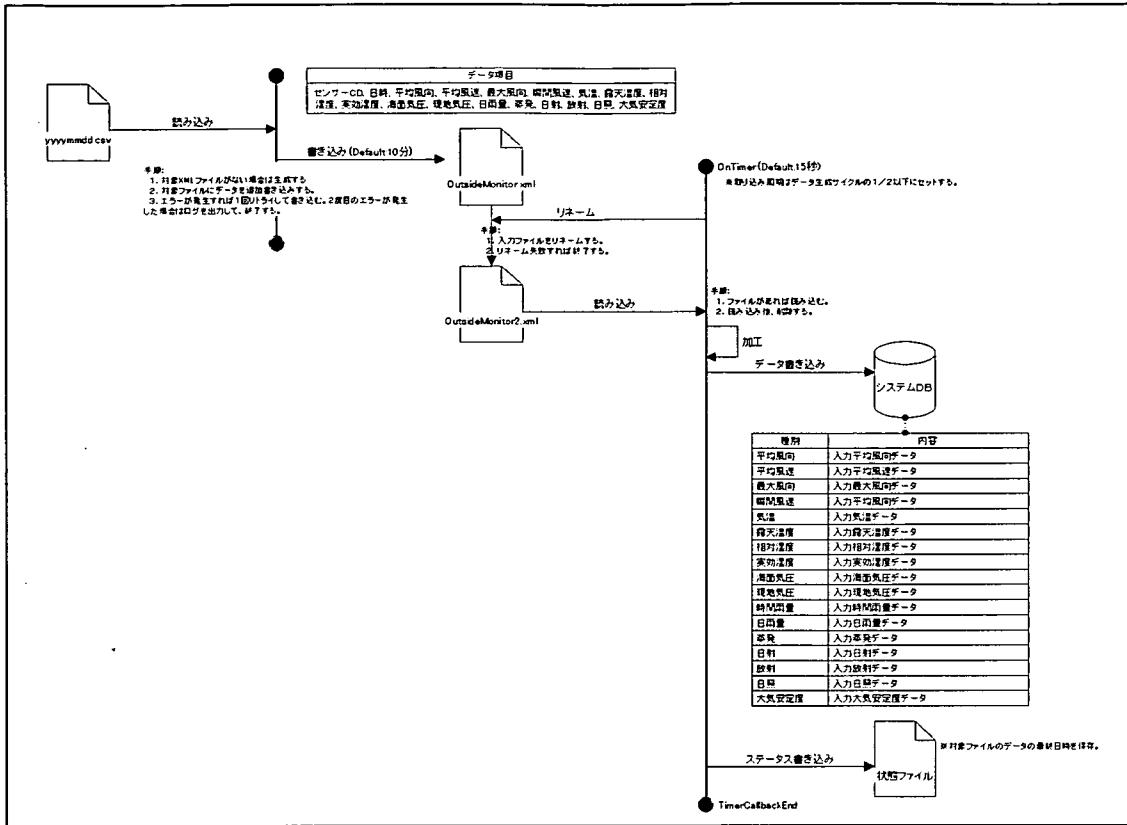


図 5.4-24 坑外データ受け渡し方法

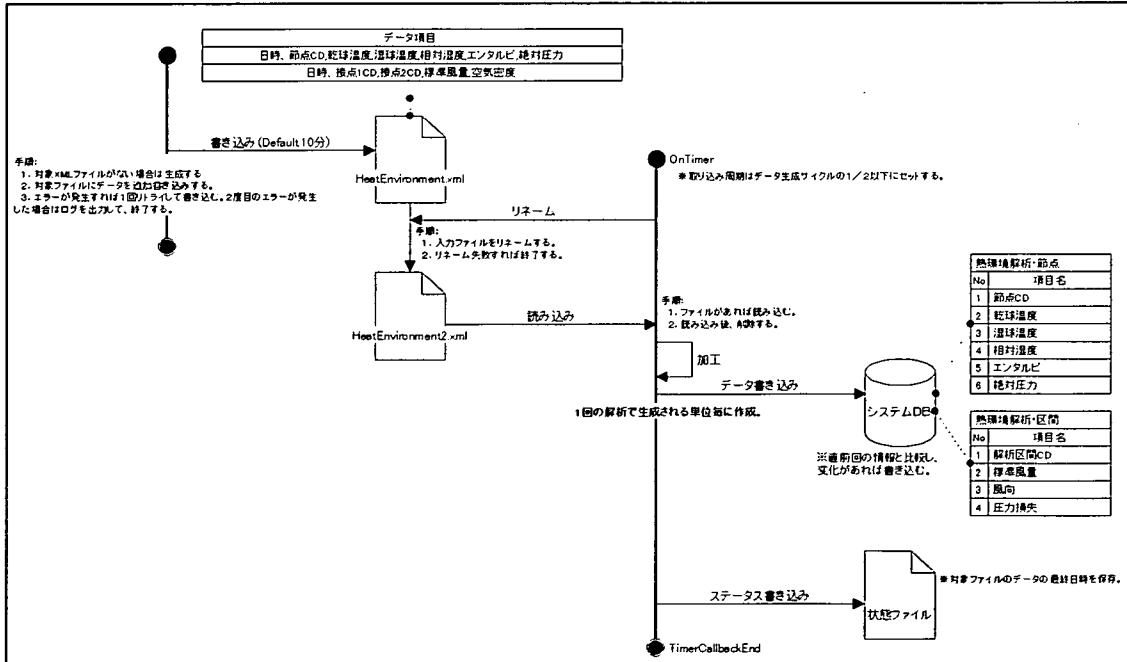


図 5.4-25 热環境解析データ受け渡し方法

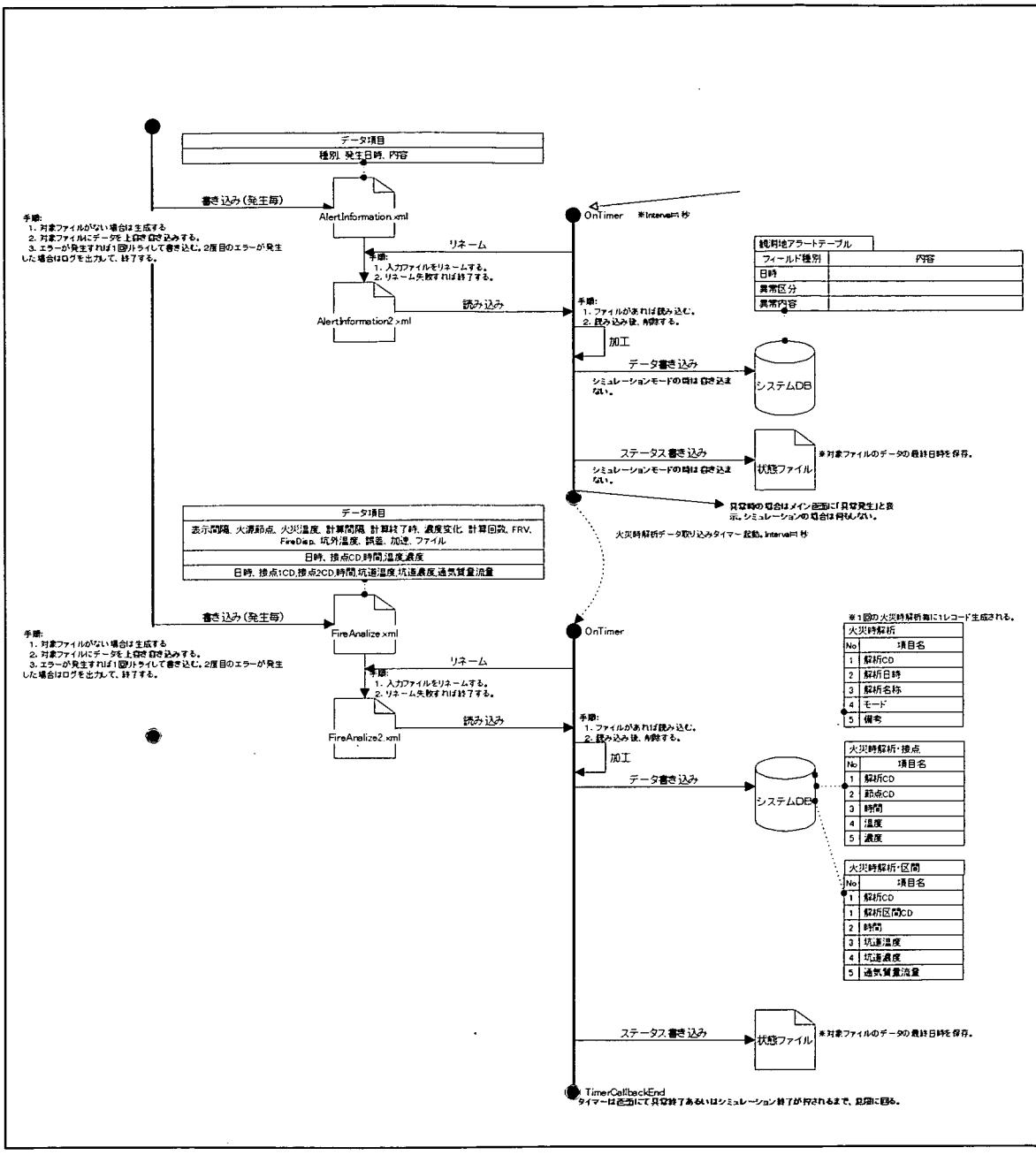


図 5.4-26 火災時解析データ受け渡し方法

(3) GIS データベース

本システムで扱うデータ全てはこの GIS データベースにジオデータベース形式で格納する。格納するデータの種類は大きく下記の 6 種類である。

- ・システム管理情報
- ・坑道管理情報
- ・センサ情報
- ・解析情報
- ・マンロケーション情報
- ・設備情報

以下にデータの内容および各データについて行った定義の詳細を示す。

(a) システム管理情報

- ・職員等のシステム管理情報

表 5.4-12 職員等システム管理定義

ログインマスター		テーブル名	LoginMaster		備考
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	
1	職員CD	UserCD	Integer	O	
2	パスワード	Password	String(10)	I	
3	更新日時	Name	String(20)		

職員マスター		テーブル名	StaffMaster		備考
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	
1	職員CD	UserCD	Integer	O	
2	職員ID	UserID	String(10)	I	
3	職員名	Name	String(20)		
4	権限	Authority	Integer		
5	生年月日	Birthday	Date		
6	性別	Sex	Integer		
7	有効／無効	Enable	Boolean		
8	備考	Comment	String(255)		
9	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
10	更新日時	MDate	Date		

- ・システム内部において使用するコードやID情報

表 5.4-13 システム管理テーブル定義

コード分類マスター					
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	テーブル名	MDB名 AttributeDB
1	カテゴリーID	CategoryID	String(20)	○	Key 対応マスター 備考
2	カテゴリー名	Name	String(20)		
3	可変フラグ	Alterable	Integer		CM"Alterable"
4	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"
5	備考	Comment	String(255)	空	
6	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
7	更新日時	MDate	Date		

コードマスター					
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	テーブル名	MDB名 AttributeDB
1	カテゴリーID	CategoryID	String(20)	○	
2	分類CD	ItemCD	Integer	○	
3	内容	ItemValue	String(32)		
4	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"
5	備考	Comment	String(255)	空	
6	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
7	更新日時	MDate	Date		

異常ログ					
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	テーブル名	MDB名 AttributeDB
1	Key	LogCD	AutoNumber	○	Key 対応マスター AutoIndex
2	記録日時	RDate	Date		
3	ソース情報	Source	String(128)	空	
4	ログ種別CD	CategoryCD	Integer		CM"LogType"
5	ログ内容	Message	String(255)	空	XML表現。XMLSchemasは別途定義

メーカーマスター					
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	テーブル名	MDB名 AttributeDB
1	メーカーCD	MakerCD	Integer	○	Key 対応マスター 備考
2	メーカー名	Name	String(20)		
3	連絡先部署名	Division	String(20)		
4	連絡先担当者	Clerk	String(20)		
5	連絡先住所	Address	String(40)		
6	連絡先電話番号	TellNo	String(15)		
7	連絡先FAX番号	FaxNo	String(15)		
8	連絡先EMAIL	Email	String(64)		
9	有効／無効	Enable	Boolean		CM"Enable"
10	備考	Comment	String(255)	空	
11	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
12	更新日時	MDate	Date		

(b) 坑道情報

・坑道および解析区間に関する情報

本システムにおける坑道は現実の骨格に近い坑道を構築するための点である測点（バーテックス）、解析の対象となる点を示す節点から構成される。システム上の管理は主に節点番号によって行う。

坑道の考え方

測点(バーテックス)	X	・測点はフィーチャーのバーテックスであり、坑道の形状のみを表す。
節点(ノード)	○	・ノードは本システムで他のシステムとの連携にも利用する論理的な区間である。 ・ノードは1つのバーテックス位置を持つ。
坑道区間	解析区間1	・ノードからノードまでを解析区間と呼び、MUGISで扱う坑道の最小単位とする。 ・この単位で各種解析、表示を行う。
坑道	坑道1	・複数の坑道区間の集合に論理的に付加した名称。

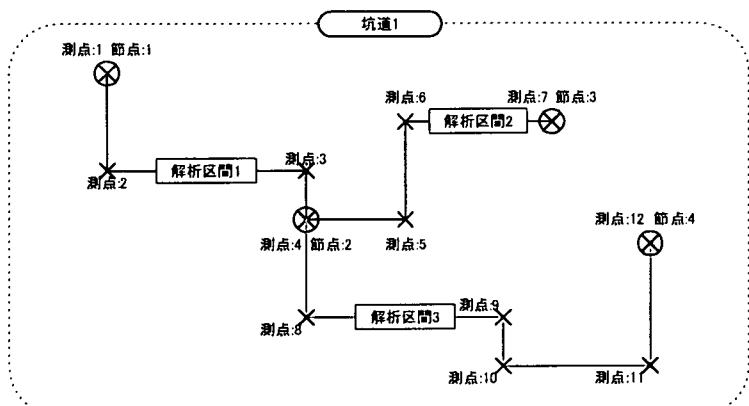


図 5.4-27 坑道定義

表 5.4-14 坑道情報テーブル定義 1

坑道マスター		テーブル名	MGPtMaster		MDB名	AttributeDB
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	坑道ID	PtCD	Integer	○		
2	坑道名称	Name	String(20)			
3	坑道長(公称)	Length	Double			
4	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"	
5	備考	Comment	String(255)	空		
6	更新者ID	MUserCD	Integer		職員マスター	
7	更新日時	MDate	Integer			

測点		テーブル名	MGSurveyPoint		MDB名	MUGISDB
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	オブジェクトID	<ObjectID>	AutoNumber	○		
2	3Dライン	<Shape>	OLE Object			
3	開始測点ID	PointCD	Integer			

測点区間		テーブル名	MGSurveyLine		MDB名	MUGISDB
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	オブジェクトID	<ObjectID>	AutoNumber	○		
2	3Dライン	<Shape>	OLE Object			
3	測点区間ID	LineCD	Integer	1		
4	開始測点ID	FromPointCD	Integer			
5	終了測点ID	ToPointCD	Integer			
6	シェーブ長	<Shape_Length>	Double			

節点		テーブル名	MGAnalyzeNode		MDB名	MUGISDB
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	オブジェクトID	<ObjectID>	AutoNumber	○		
2	3Dライン	<Shape>	OLE Object			
3	節点ID	NodeCD	Integer	1		
4	接点名称	Name	String(20)	空	CM"CanEscape"	0 避難口ではない 1 避難口
5	避難可能節点	CenEscape	Integer		CM"Enable"	
6	有効／無効	Enable	Integer			
7	備考	Comment	Boolean	空		
8	更新者ID	MUserCD	String(255)		職員マスター	
9	更新日時	MDate	Integer			

解析区間		テーブル名	MGAnalyzeZone		MDB名	MUGISDB
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	オブジェクトID	<ObjectID>	AutoNumber	○		
2	3Dライン	<Shape>	OLE Object			
3	解析区間ID	ZoneCD	Integer	1		
4	坑道ID	PtCD	Integer		坑道マスター	避難ルート計算時に使用
5	開始節点ID	FromNodeCD	Integer		接点	
6	終了節点ID	ToNodeCD	Integer		接点	
7	坑道規格ID	PtSpecCD	Integer		坑道規格マスター	
8	支保種類ID	TimberingSpecCD	Integer		支保種類マスター	
9	岩盤物性ID	RockPhysicalityCD	Integer		岩盤物性マスター	
10	摩擦係数	Friction	Double			
11	坑道長(公称)	Length	Double			ラインシェーブのLengthとのもの
12	傾斜角(公称)	Angle	Double			
13	活差	Gap	Double			避難ルート計算時に使用
14	下盤条件ID	FootwallConditionCD	Integer		CM"FootwallCondition"	
15	坑道抵抗	FrResistance	Double			
16	加算抵抗ID	AddResistanceCD	Integer		CM"AddResistance"	
17	加算抵抗	AdditionResistance	Double			
18	走れ率	WetRate	Double		CM"WetRate"	
19	付与発熱量	GrantHeatValue	Double			
20	付与水分量	GrantMoistureValue	Double			
21	掘削年月日	DiggingDate	Date			
22	通行難易度	PassageDifficultyLevel	Double		CM"PassageDifficultyLevel"	
23	障害物抵抗	BarrierResistance	Double		CM"BarrierResistance"	
24	利用状態ID	AvailabilityStatusCD	Integer		CM"AvailabilityStatus"	
25	有効／無効	Enable	Boolean		CM"Enable"	
26	備考	Comment	String(255)	空		
27	更新者ID	MUserCD	Integer		職員マスター	
28	更新日時	MDate	Date			
29	シェーブ長	<Shape_Length>	Double			

表 5.4-15 坑道情報テーブル定義 2

坑道規格

No.	項目名	フィールド名	テーブル名	MGPitSpecMaster	MDB名	AttributeDB	備考
No.	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター		備考
1	坑道規格CD	PitSpecCD	Integer	○			
2	坑道規格名	Name	String(20)				
3	掘削断面幅	DiggingWidth	Double				
4	掘削断面高さ	DiggingHeight	Double				
5	掘削断面積	DiggingArea	Double				
6	有効断面幅	AvailableWidth	Double				
7	有効断面高さ	AvailableHeight	Double				
8	有効断面積	AvailableArea	Double				
9	有効断面周辺長	PeripheralLength	Double				
10	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"		
11	備考	Comment	String(255)				
12	更新者CD	MLuserCD	Integer		職員マスター		
13	更新日時	MDate	Date				

支保種類マスター

No.	項目名	フィールド名	テーブル名	MGTimberingMaster	MDB名	AttributeDB	備考
No.	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター		備考
1	支保種類CD	TimberingCategoryCD	String(3)	○			
2	支保種類名	Name	String(20)				
3	支保パターンCD	PatternCD	Integer		CM"TimberingPattern"		
4	支保形状CD	FigureCD	Integer		CM"TimberingFigure"		
5	支保材質CD	MaterialCD	Integer		CM"TimberingMaterial"		
6	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"		
7	備考	Comment	String(255)				
8	更新者CD	MLuserCD	Integer		職員マスター		
9	更新日時	MDate	Date				

岩盤物性マスター

No.	項目名	フィールド名	テーブル名	MGRockPhysicalityMaster	MDB名	AttributeDB	備考
No.	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター		備考
1	岩盤物性CD	RockPhysicalityCD	Integer	○			
2	岩盤物性名	Name	String(20)				
3	岩種CD	RockTypeCD	Integer		CM"RockType"		
4	一軸圧縮強度	CompressiveStrength	Double				
5	静弾性係数	ElasticCoefficient	Double				
6	静ボアン比	PoissonsRatio	Double				
7	粘着力	Adhesion	Double				
8	内部摩擦角	InsideAngleOfFriction	Double				
9	引張強度	BreakingStrength	Double				
10	熱伝導率	HeatConducting	Double				
11	比熱	SpecificHeat	Double				
12	比重	BulkingDensity	Double				
13	初期岩盤温度	RockTemperature	Double				
14	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"		
15	備考	Comment	String(255)				
16	更新者CD	MLuserCD	Integer		職員マスター		
17	更新日時	MDate	Date				

避難所

No.	項目名	フィールド名	テーブル名	MGSHELTER	MDB名	AttributeDB	備考
No.	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター		備考
1	オブジェクトID	<ObjectID>	AutoNumber	○			
2	3Dライン	<Shape>	OLE Object				
3	避難所CD	ShelterCD	Integer	1			
4	避難所名	Name	String(20)				
5	避難所分類CD	CategoryCD	Integer		CM"ShelterCategory"		
6	収容人員	Capacity	Integer				
7	具備設備	EquipmentS	String(64)	空			
8	利用状況CD	ConditionCD	Integer		CM"ShelterCondition"		
9	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"		
10	備考	Comment	String(255)	空			
11	更新者CD	MLuserCD	Integer		職員マスター		
12	更新日時	MDate	Date				
13	ショープ長	<Shape_Length>	Double				

(c) センサ情報

センサ情報にはセンサの形式番号や設置日等のデータおよび各センサが取得する計測データがある。センサが取得したデータは坑内センサ実績および坑外センサ実績テーブルに蓄積される。計測データは時間の経過と共に増加するため、ある一定期間経過後は自動で古いデータから削除することが必要である。削除するまでの期間の決定はデータ量と保存先の容量に依存する。今回はデータベースをパーソナルジオデータベースで構築し、データベースソフトとして ACCESS を採用しているため、総容量として 2GB までしか対応できない。

表 5.4-16 センサ情報テーブル定義 1

センサー規格マスター

センサー規格マスター		テーブル名	SensorSpecMaster		備考
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	
1	センサー規格CD	SensorSpecCD	String(3)	O	
2	センサー規格名称	Name	String(20)	I	
3	メーカーCD	MakerCD	Boolean		メーカーマスター
4	センサー型式	SensorType	Boolean		
5	風速測定	WindSpeed	Boolean		
6	温度測定	Temperature	String(20)		
7	湿度測定	Moisture	Boolean		
8	Fan差圧測定	Fan	Boolean		
9	CO濃度測定	CO	Boolean		
10	煙測定	Smoke	String(255)		
11	CH4測定	CH4	Integer		
12	O2測定	O2	String(255)		
13	CO2測定	CO2	Integer		
14	有効／無効	Enable	Boolean		CM"Enable"
15	備考	Comment	Boolean		
16	更新者CD	MUserCD	String(255)		職員マスター
17	更新日時	MDate	Integer		

坑内センサー

坑内センサー		テーブル名	InsideSensor		備考
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	
1	3Dポイント	Shape	-	O	
2	坑内センサーCD	InsideSensorCD	Integer	I	
3	坑内センサーID	InsideSensorID	String(20)		SISCOシステムとあわせる。
4	坑内センサー名称	InsideSensorName	String(20)		SISCOシステムとあわせる。
5	センサー規格CD	SensorSpec	Integer		センサー規格マスター
6	解析区間CD	ZoneCD	Integer		坑道規格マスター—センサー位置入力時に一番近い解析区間をセット
7	稼働On/Off	Running	Boolean		1つも入力ファイルが存在しない状態が指定後取り回数維持した場合にOff/その他はOn
8	風速	WindSpeed	Double		←生データ(monitor_〇〇〇.csv)
9	風量	WindVolume	Double		風速と解析区間のデータから計算で求める
10	温度	Temperature	Double		←生データ(monitor_〇〇〇.csv)
11	湿度	Moisture	Double		←生データ(monitor_〇〇〇.csv)
12	Fan差圧	FanPressure	Double		←生データ(monitor_〇〇〇.csv)
13	CO濃度	CO	Double		←生データ(monitor_〇〇〇.csv)
14	(子)煙	Smoke	Double		項目毎に入手したデータで上書きすることにより、常に最新状態のみを保持する。
15	(子)CH4	CH4	Double		
16	(子)O2	O2	Double		
17	(子)OO2	MDate	Double		
18	設置年月日	EstablishmentDate	Date		
19	点検年月日	CheckDate	Date		
20	有効期限年月日	ExpireDate	Date		
21	有効／無効	Enable	Boolean		CM"Enable"
22	備考	Comment	String(255)		
23	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
24	更新日時	MDate	Date		

表 5.4-17 センサ情報テーブル定義 2

坑内センサー実績 (坑内センサデータに1つでも変化があった場合にのみ記録する)						
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	坑内センサーCD	InsideSensorCD	Integer	○		
2	記録日時	RDate	Date	○		
3	稼働On/Off	Running	Boolean			1つも入力ファイルが存在しない状態が指定抜取り回数継続した場合にOff/その他はOn
4	風速	WindSpeed	Double			一生データ(monitor_〇〇〇.csv)
5	風量	WindVolume	Double			風速と解析区間のデータから計算で求める
6	温度	Temperature	Double			一生データ(monitor_〇〇〇.csv)
7	溼度	Moisture	Double			一生データ(monitor_〇〇〇.csv)
8	Fan差圧	Fan	Double			一生データ(monitor_〇〇〇.csv)
9	CO濃度	CO	Double			一生データ(monitor_〇〇〇.csv)
10	(子偏)煙	Smoke	Double			一生データ(monitor_〇〇〇.csv)
11	(子偏)CH4	CH4	Double			項目毎に入手したデータで上書きすることにより、常に最新状態のみを保持する。
12	(子偏)O2	O2	Double			
13	(子偏)CO2	MDate	Double			

※Sweeperにより指定時間経過したデータを自動消去

坑外センサー実績 (坑外センサデータに1つでも変化があった場合にのみ記録する)						
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	坑外センサーCD	OutsideSensorCD	Integer	1		
2	記録日時	RDate	Date	○		
3	稼働On/Off	Running	Boolean			1つも入力ファイルが存在しない状態が指定抜取り回数継続した場合にOff/その他はOn
4	平均風向	MeanWindDirection	String(4)			
5	平均風速	MeanWindSpeed	Double			(m/s)
6	最大風向	MaxWindDirection	String(4)			
7	瞬間風速	MaxWindSpeed	Double			(m/s)
8	時刻	MDate	Double			
9	気温	AirTemperature	Double			(°C)
10	露天温度	OpenAirTemperature	Double			(°C)
11	相対湿度	RelativeMoisture	Double			(%)
12	実効湿度	EffectiveMoisture	Double			(%)
13	海面気圧	AirPressure	Double			(hPa)
14	現地気圧	FieldPressure	Double			(hPa)
15	時間雨量	TimeRainFall	Double			(mm)
16	日雨量	DateRainFall	Double			(mm)
17	蒸発	Evaporation	Double			(cm)
18	日射	Insolation	Double			(MJ/m ²)
19	放射	Emanation	Double			(MJ/m ²)
20	日照	Sunshine	Double			(h)
21	大気安定度	AirStability	Double			一生データ(monitor_〇〇〇.csv)

坑外センサー						
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	3Dポイント	<Shape>	-	○		
2	坑外センサーCD	OutsideSensorCD	Integer	1		
3	坑外センサーID	OutsideSensorID	String(20)			SISCOシステムとあわせる。
4	坑外センサー名	OutsideSensorName	String(20)			SISCOシステムとあわせる。
5	センサー規格CD	SensorSpecCD	Integer		センサー規格マスター	
6	稼働On/Off	Running	Boolean			1つも入力ファイルが存在しない状態が指定抜取り回数継続した場合にOff/その他はOn
7	平均風向	MeanWindDirection	String(4)			
8	平均風速	MeanWindSpeed	Double			(m/s)
9	最大風向	MaxWindDirection	String(4)			
10	瞬間風速	MaxWindSpeed	Double			(m/s)
11	時刻	MDate	Double			
12	気温	AirTemperature	Double			(°C)
13	露天温度	OpenAirTemperature	Double			(°C)
14	相対湿度	RelativeMoisture	Double			(%)
15	実効湿度	EffectiveMoisture	Double			(%)
16	海面気圧	AirPressure	Double			(hPa)
17	現地気圧	FieldPressure	Double			(hPa)
18	時間雨量	TimeRainFall	Double			(mm)
19	日雨量	DateRainFall	Double			(mm)
20	蒸発	Evaporation	Double			(cm)
21	日射	Insolation	Double			(MJ/m ²)
22	放射	Emanation	Double			(MJ/m ²)
23	日照	Sunshine	Double			(h)
24	大気安定度	AirStability	Double			
25	設置年月日	EstablishmentDate	Date			
26	点検年月日	CheckDate	Date			
27	有効期限年月日	ExpireDate	Date			
28	有効・無効	Enable	Boolean		CM"Enable"	
29	備考	Comment	String(255)			
30	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター	
31	更新日時	MDate	Date			

(d) 解析情報

本システムの坑内監視システムおよび火災時解析システム等が実行した解析結果。

表 5.4-18 解析情報テーブル定義

熱環境解析（データ交換設計に詳細は記述）（最新の解析結果のみを保持）					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	型・サイズ	Key
1	節点CD	NodeCD	HeatEnvNode	Integer	<input type="radio"/>
2	乾球温度	DryBulbTemperature		Double	
3	湿球温度	WetBulbTemperature		Double	
4	相対湿度	RelativeHumidity		Double	
5	エンタルピー	Enthalpy		Double	
6	絶対圧力	AbsolutePressure		Double	

熱環境解析・区間					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	型・サイズ	Key
1	解析区間CD	ZoneCD	HeatEnvZone	Integer	<input type="radio"/>
2	風向	WindDirection		Double	
3	標準風量	WindVolume		Double	
4	空気密度	AirDensity		Double	
5	圧力損失	PressureLoss		Double	

熱環境解析実績（データ交換設計に詳細は記述）					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	型・サイズ	Key
1	解析CD	AnalyzeCD	HeatEnvLog	Integer	<input type="radio"/>
2	解析日時	AnalyzedDate		Date	

※Sweeperにより指定時間経過したデータを自動消去

熱環境解析実績・節点					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	型・サイズ	Key
1	解析CD	AnalyzeCD	HeatEnvNodeLog	Integer	<input type="radio"/>
2	節点CD	NodeCD		Integer	<input type="radio"/>
3	乾球温度	DryBulbTemperature		Double	
4	湿球温度	WetBulbTemperature		Double	
5	相対湿度	RelativeHumidity		Double	
6	エンタルピー	Enthalpy		Double	
7	絶対圧力	AbsolutePressure		Double	

※Sweeperにより指定時間経過したデータを自動消去

熱環境解析実績・区間					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	型・サイズ	Key
1	解析CD	AnalyzeCD	HeatEnvZoneLog	Integer	<input type="radio"/>
2	解析区間CD	ZoneCD		Integer	<input type="radio"/>
3	標準風量	WindVolume		Double	
4	風向	WindDirection		Double	
5	圧力損失	PressureLoss		Double	

※Sweeperにより指定時間経過したデータを自動消去

火災時解析（データ交換設計に詳細は記述）					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	型・サイズ	Key
1	解析CD	AnalyzeCD	FireAnalyze	Integer	<input type="radio"/>
2	解析日時	AnalyzedDate		Date	
3	解析名前	Caption		String(20)	
4	モード	Mode		Integer	
5	解析パラメーター	AnalyzeParam		Memo	
6	備考	Comment		String(255)	

※Sweeperにより指定時間経過したデータを自動消去

火災時解析・節点					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	型・サイズ	Key
1	解析CD	AnalyzeCD	FireAnalyzerPoint	Integer	<input type="radio"/>
2	節点CD	NodeCD		Integer	<input type="radio"/>
3	時間	AnalyzedDate		Date	<input type="radio"/>
4	温度	Temperature		Double	
5	濃度	CO		Double	

※Sweeperにより指定時間経過したデータを自動消去

火災時解析・区間					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	型・サイズ	Key
1	解析CD	AnalyzeCD	FireAnalyzeLine	Integer	<input type="radio"/>
2	解析区間CD	ZoneCD		Integer	<input type="radio"/>
3	時間	AnalyzedDate		Date	<input type="radio"/>
4	乾球温度	Temperature		Double	
5	CO濃度	CO		Double	
6	通気質量流量	WindVolume		Double	

※Sweeperにより指定時間経過したデータを自動消去

(e) マンロケーション情報

坑内におけるマンロケーションデータに関する情報。プロトタイプでは PHS からのデータのみを対象としたが、将来的に ID タグ等の方法を採用できるような設計とした。本データベースには各人が持つ端末（例：PHS 端末）とそれらの信号を取得する機器（例：PHS のアンテナ）のハードウェア情報。それらの機器から送られてくるマンロケーション情報がある。ここでは端末をポジショニングアイテム、受信機器をポジショニングコントローラとする。

表 5.4-19 マンロケーションテーブル定義 1

ポジショニングアイテム					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	MGPositioningItem	MDB名
1	オブジェクトID	ObjectID	AutoNumber	○	MIUGISDB
2	3Dポイント	Shape	-		
3	アイテムCD	ItemCD	Integer	1	解析区間
4	測点CD	PointCD	Integer		
5	節点CD	NodeCD	Integer		
6	アイテム名称	Name	String(20)	空	
7	アイテム識別子	Identifier	String(20)	空	PHSの場合電話番号、IDタグの場合””
8	アイテム種別CD	CategoryCD	Integer		種別CD="PHS" 種別CD="IDTAG" 種別CD="PASSIVE"
9	アイテム規格CD	SpecCD	Integer		ポジショニングアイテム規格マスター
10	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"
11	備考	Comment	String(255)	空	
12	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
13	更新日時	MDate	Date		

ポジショニングアイテム規格マスター					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	MGPositioningItemSpecMaster	MDB名
1	アイテム種別CD	CategoryCD	Integer	○	AttributeDB
2	アイテム規格CD	SpecCD	Integer		
3	アイテム規格名称	Name	String(20)	空	
4	メーカーCD	MakerCD	Integer		メーカーマスター
5	アイテム型式	Form	String(20)		
6	稼働On/Off	Running	Integer		CM"Running"
7	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"
8	備考	Comment	String(255)	空	
9	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
10	更新日時	MDate	Date		

ポジショニングコントローラ					
No	項目名	フィールド名	テーブル名	MGPositioningController	MDB名
1	オブジェクトID	ObjectID	AutoNumber	○	MIUGISDB
2	3Dポイント	Shape	-		
3	コントローラーCD	ControllerCD	Integer		
4	測点CD	PointCD	Integer		
5	節点CD	NodeCD	Integer		
6	コントローラーID	ControllerID	String(20)	空	
7	コントローラー名称	Name	String(20)	空	
8	コントローラー種別CD	CategoryCD	Integer		CM"ControllerCategory")
9	コントローラー規格CD	SpecCD	Integer		ポジショニングコントローラー規格マスター
10	稼働On/Off	OnOff	Boolean		
11	設置年月日	EstablishmentDate	Date		
12	点検年月日	CheckDate	Date		
13	有効／無効	Enable	Integer		CM"Enable"
14	備考	Comment	String(255)	空	
15	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
16	更新日時	MDate	Date		

表 5.4-20 マンロケーションテーブル定義 2

ポジショニングコントローラー範囲マスター					
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター
1	コントローラーCD	ControllerCD	Integer	O	
2	解析区間CD	ZoneCD	Integer		解析区間
3	有効／無効	Enable	Integer		CM'Enable"
4	備考	Comment	String(255)		
5	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
6	更新日時	MDate	Date		

ポジショニングコントローラー規格マスター					
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター
1	コントローラー種別CD	CategoryCD	Integer	O	
2	コントローラー規格CD	SpecCD	Integer	O	
3	コントローラー規格名称	Name	String(20)		
4	メーカー	MakerCD	Integer		メーカーマスター
5	コントローラー型式	Form	String(20)		
6	有効／無効	Enable	Integer		CM'Enable"
7	備考	Comment	String(255)		
8	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター
9	更新日時	MDate	Date		

(f) 入坑者情報

プロトタイプでは、入坑者各個人が一台の PHS を持つのではなく、グループ毎に一台の端末を持ち入坑することを前提として設計を行った。入坑者情報は、入坑者の個人情報とその入坑者が属するグループ情報の 2 種類を格納する。また本システムが具備する機能である、火災時における避難ルート解析では、各個人の歩行速度が必要なため、個人情報として、入坑者の歩行速度区分を行う必要がある。歩行速度区分データは歩行速度区分マスターに格納される。

表 5.4-21 入坑者情報テーブル定義 1

入坑者グループ

入坑者グループ		テーブル名	MGPitInGroup		MDB名	AttributeDB
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	グループCD	GroupCD	Integer	○		
2	グループ名	Name	String(20)			
3	結成日時	CreateDate	Date			
4	解散日時	DestroyDate	Date			
5	入坑日時	PitInDate	Date			
6	昇降予定日時	PitOutEstimatedDate	Date			
7	昇降日時	PitOutDate	Date			
8	グループ管理者CD	ManagerCD	Integer		入坑者メンバー	
9	グループ分類CD	CategoryCD	Integer		CM'GroupCategory'	グループ分類はCMを利用する → "保守・点検","見字",etc
10	ポジショニングアイテムCD	ItemCD	Integer		ポジショニングアイテム	
11	有効／無効	Enable	Integer		CM'Enable'	
12	備考	Comment	String(255)		空	
13	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター	
14	更新日時	MDate	Date			

災害弱者分類マスター

災害弱者分類マスター		テーブル名	MGWeakCategoryMaster		MDB名	AttributeDB
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	災害弱者分類CD	WeakCategoryCD	Integer	○		
2	災害弱者分類名称	Name	String(20)			"一般","高齢者","子供","身体障害者",etc
3	歩行速度値数	WalkingRate	Double			
4	有効／無効	Enable	Integer		CM'Enable'	
5	備考	Comment	String(255)		空	
6	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター	
7	更新日時	MDate	Date			

入坑者メンバー

入坑者メンバー		テーブル名	MGPitInMember		MDB名	AttributeDB
No	項目名	フィールド名	型・サイズ	Key	対応マスター	備考
1	グループCD	GroupCD	Integer	○		
2	入坑者CD	MemberCD	Integer	○		
3	入坑者分類CD	CategoryCD	Integer		CM'MemberCategory'	"社員","特定業者","見学者",etc
4	登録日時	EntryDate	Date			
5	氏名	Name	String(20)			
6	生年月日	BirthDay	Date			
7	性別	Sex	Integer		CM'Sex'	
8	連絡先住所	Address	String(40)		空	
9	連絡先電話番号	TelNo	String(15)		空	
10	災害弱者分類CD	WeakCategoryCD	Integer		災害弱者分類マスター	
11	有効／無効	Enable	Integer		CM'Enable'	
12	備考	Comment	String(255)		空	
13	更新者CD	MUserCD	Integer		職員マスター	
14	更新日時	MDate	Date			

5.3.2 分析機能

プロトタイプには分析機能として退避ルート分析を実装した。基本的な概念は4.5.2に示したとおりである。以下にはプロトタイプに実装した退避ルート分析のロジックを示す。

(1) ルート検索概要

ルート検索法にはダイクストラ法など多くの手法があるが、本システムでは経路が多く、経路ごとに動的な条件が入ってくるなど複雑な解析が必要となるため、解析にかかる負荷等も考慮し、グラフ探索法を採用した。

(2) グラフ探索法⁴⁾

グラフ(Graph)は節点(Node)を辺(edge)で結んだものである。このグラフの意味は $1 \rightarrow 2$ への道や $2 \rightarrow 1$ へのみちはあるが、 $1 \rightarrow 3$ への道が無いことを示している。

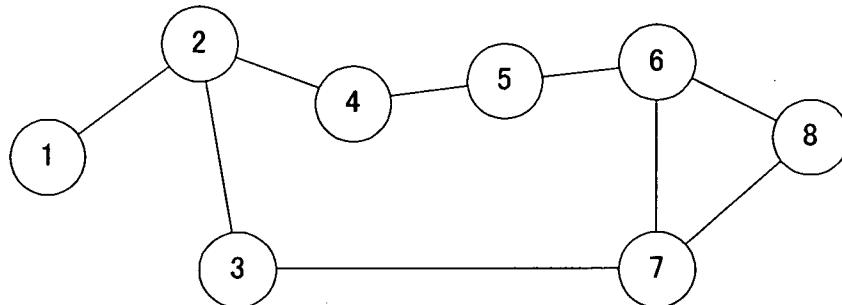


図 5.4-28 グラフ探索による経路探索例

探索方法は以下の通りである。

- 始点を出発し、番号の若い順に進む位置を調べ、行けるところ（辺で連結されていてまだ訪問していない）まで進む。
- 行き場所が無くなったら、行き場所がある所まで戻り、再び行けるところまで進む。
- 行き場所が無くなったら終了。

例) 節点3での次に進む位置のチェックは次のように実施する。

- ①節点1について調べる。連結していないので次に進めない。
- ②節点2について調べる。既に訪問しているので進めない。
- ③節点3について調べる。連結していないので進めない。
- ④節点4, 5, 6について調べる。連結していないので進めない。

⑤節点7について調べる。条件を満たすので節点7に進む。

(3) 避難ルート探索

プロトタイプに実装したロジックを示す。

(ア) 概要

最終的な総合評価を行い、退避ルートを分析する過程は下記の5段階に分かれる。

- ・全ルート検索
- ・退避ルート抽出
- ・ルートのパターン化
- ・ルート別危険度
- ・総合評価

(イ) 全ルート検索

坑内には複数のグループが入坑していると想定されるため、避難開始地点も複数箇所ある。また、同時に避難先として地上および坑内に設けられた数カ所の避難所が考えられるため避難箇所も複数箇所ある。また、各グループがどこの点（節点）を開始地点とするかは、その都度異なる。したがって、まず坑内における全ての点（節点）を開始地点として、そこから全ての点（節点）を巡る経路を探索する全経路探索を行う。

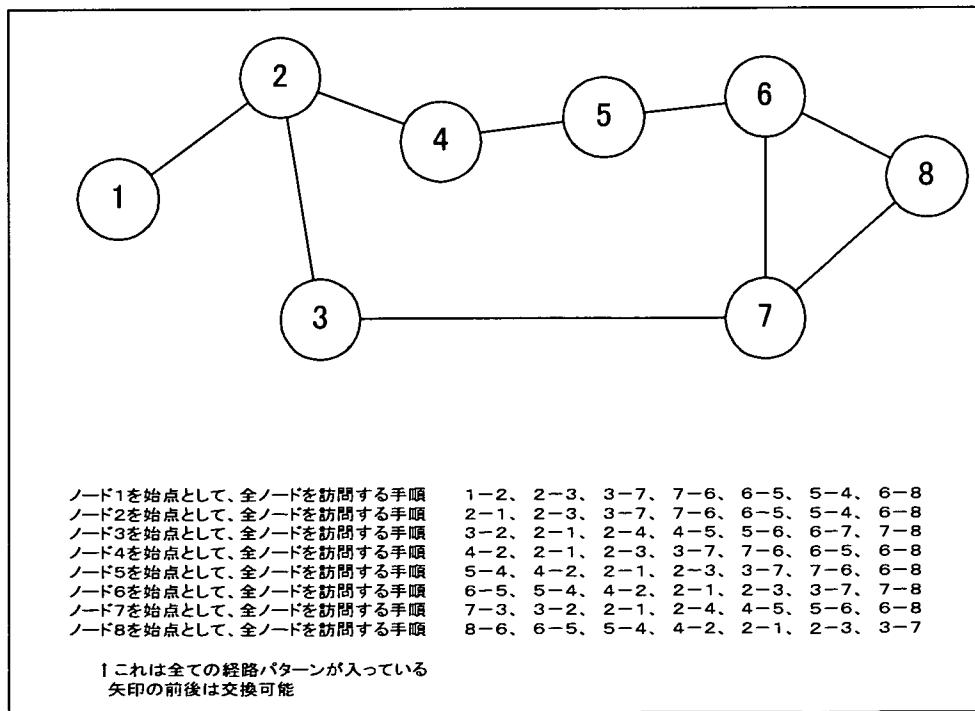


図 5.4-29 退避ルート分析

(ウ) 退避ルート抽出

次にグループ毎に、避難者が避難開始する点と避難場所を決め、全経路のなかから条件に合う経路を抽出する。図 5.4-29において開始地点を 1 とし終了点(避難所)を 8 とすると。坑内における全ルートは(b)ですでに求めた 8 通りであるので、このなかから条件(1→8へ行くルート)を抽出すればよい。

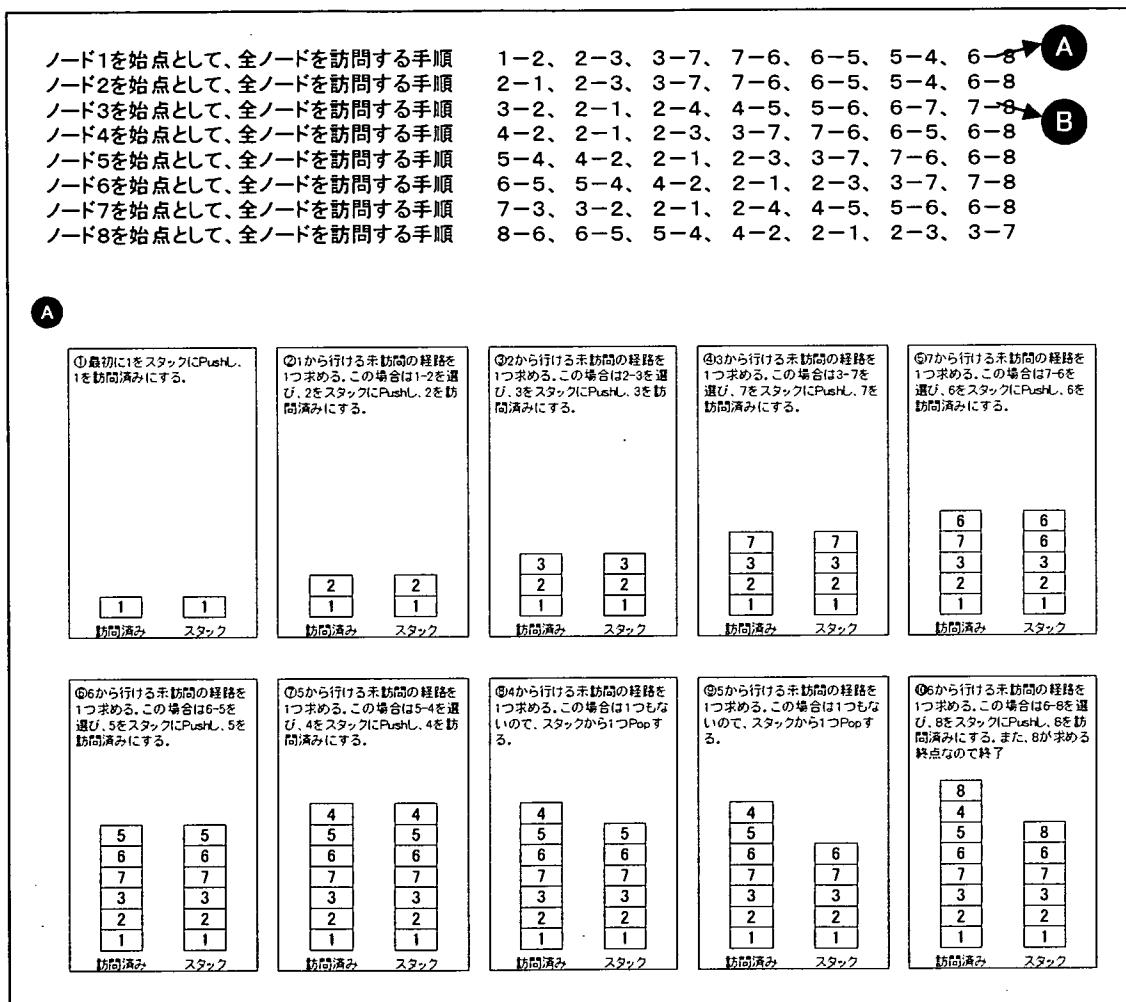


図 5.4-30 退避ルート抽出 1

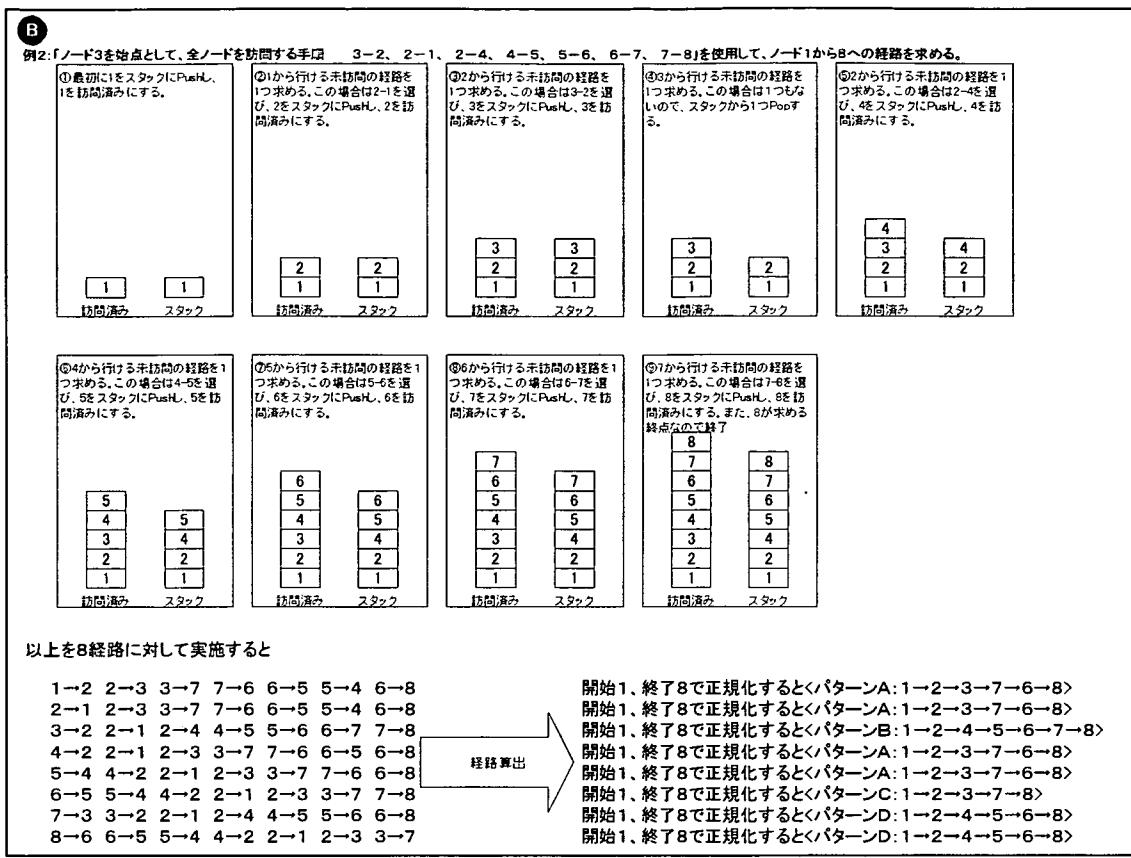


図 5.4-31 退避ルート抽出 2

(エ) ルートのパターン化

(c)で抽出したルートには重複したルートが含まれているため、それぞれのルートを正規化し、パターン化する。最終的には以下の通り4パターンに集約される。

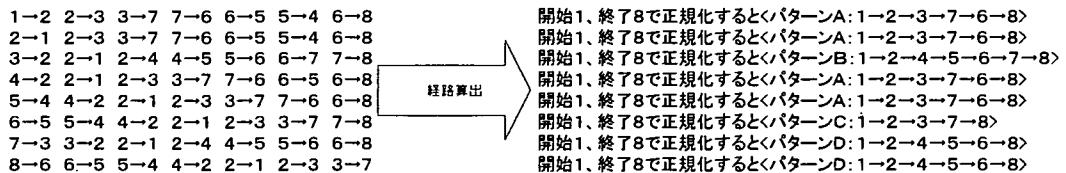


図 5.4-32 ルートのパターン化

(オ) ルート別危険度

パターン化されたルート毎に危険度算出を行う。危険度の算出に必要な要素及びその算出方法を下記に示す。

表 5.4-22 ルート別危険度

区分	種類	データ由来	内容
火災時解析データ	時間	外部解析システム	
	坑道温度	外部解析システム	
	坑道濃度	外部解析システム	
坑道データ	坑道長	解析区間マスター	坑道長／換算歩行速度にて移動時間に換算。単位はm。
	傾斜角	解析区間マスター	換算歩行速度計算に利用。単位は度で小数点以下四捨五入。
	通行難易度	解析区間マスター	換算歩行速度計算に利用。係数値をそのまま記入(0～1)。
	障害物抵抗	解析区間マスター	換算歩行速度計算に利用。“A”～“E”的5パターンを記入。
グループデータ	歩行速度	グループマスター	40m/min等。

換算歩行速度 = 歩行速度 × 傾斜角歩行係数 × 通行難易度歩行係数 × 障害物抵抗歩行係数
 例
 歩行速度 = 40m/min
 傾斜角歩行係数 = 0.80
 通行難易度歩行係数 = 0.85
 障害物抵抗歩行係数 = 0.50
 換算歩行速度 = 13.6m/min

坑道温度および CO 濃度以外の要素は、すべて歩行速度に換算して危険度算出要素として用いる。

火災ガスの危険度

火災ガスの危険性は井上(2000)³⁾のデータを参考に有害ガス濃度、および火災ガス温度により評価する。有害ガスによる評価値は、人間が任意の坑道の通過に要する時間を求め、その時間に一酸化炭素(CO)を吸入した場合の血液中の CO 濃度を表す次式の値が 35 になる場合を、評価値 100 になるようにする。

$$B = Ki \times CO \times t$$

ここで、B : 血液中の CO 濃度(%)、CO : 空気中の CO 濃度(%)、t : 被爆時間(min)、Ki : 作業強度の係数である。退避の場合 Ki は 8 である。有害ガスは CO 以外にも存在するが、取り扱いを容易にするために、これらは CO で代表させる。

火災ガス温度による危険度は、次式で示される温度に関する許容時間を評価値 100 となるように換算して用いる。

$$T_{max} = 1812_{exp} \cdot 0.046t$$

ここで T_{max} : 許容時間(min)、t : 温度(°C)である。

(カ) 総合評価

各ルートの危険度算出により管理者は最も適当と思われるルート（危険度の最も低いルート、最短ルート、最も時間の短いルート）を選別し避難者にする指示を行う。

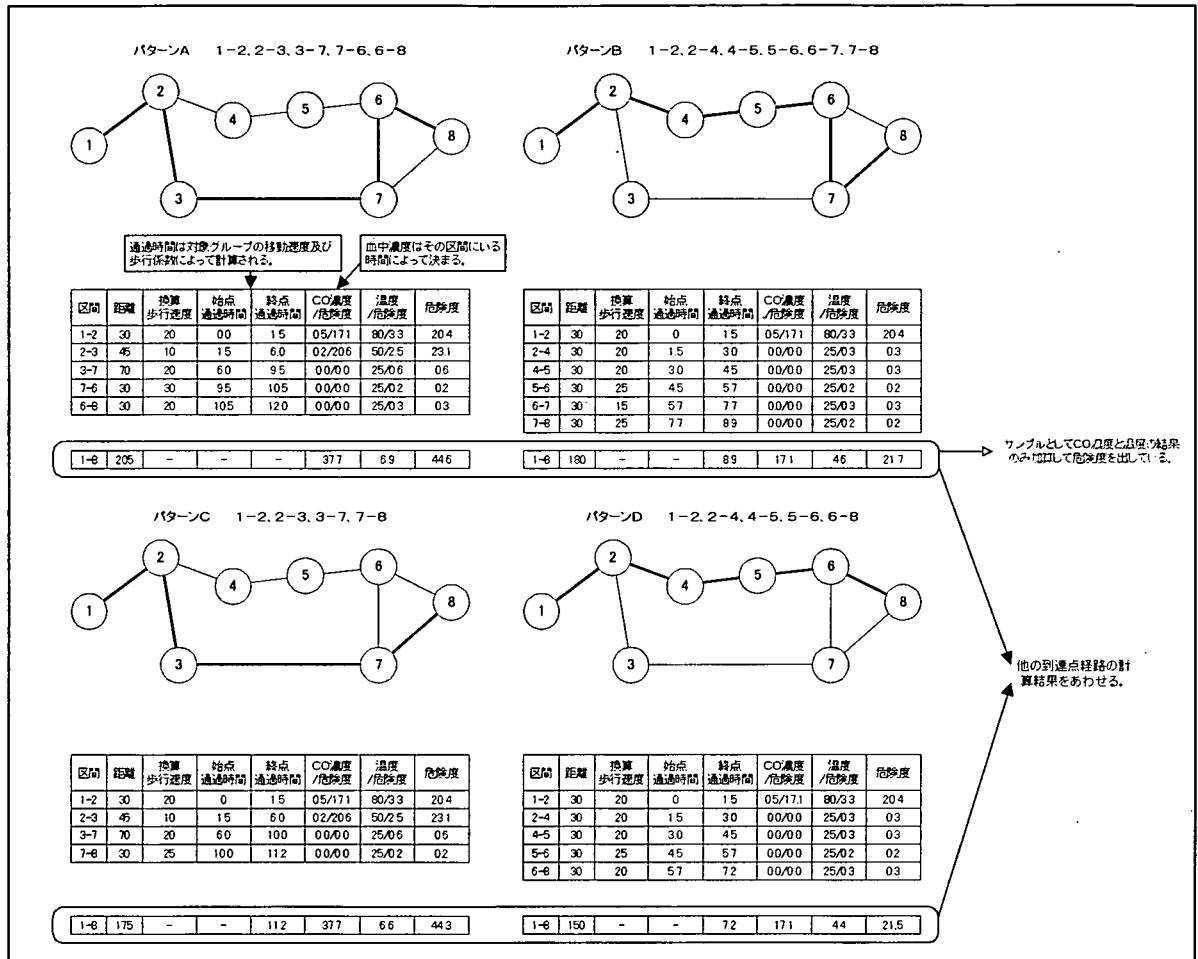


図 5.4-33 退避ルート検索総合評価

5.3.3 GUI (Graphical User Interface)

ユーザーはシステム全体の操作および情報取得を GUI により行う。GUI は情報表示や、表示項目切り替え等を行うメイン画面（図 5.4-34）および入坑者管理情報や設備情報などの各データを入力・管理する情報管理画面（図 5.4-45～図 5.4-3）から構成される。プロトタイプでは情報管理画面の構築を必要最低限の物に限定して行った。また、メイン画面についても動作試験を行う機能についてのみ実装した。以下に各画面の詳細について示す。

(1) メイン画面

メイン画面は常時表示されている画面で各センサからのデータや外部解析システムの解析データなどを表示する。

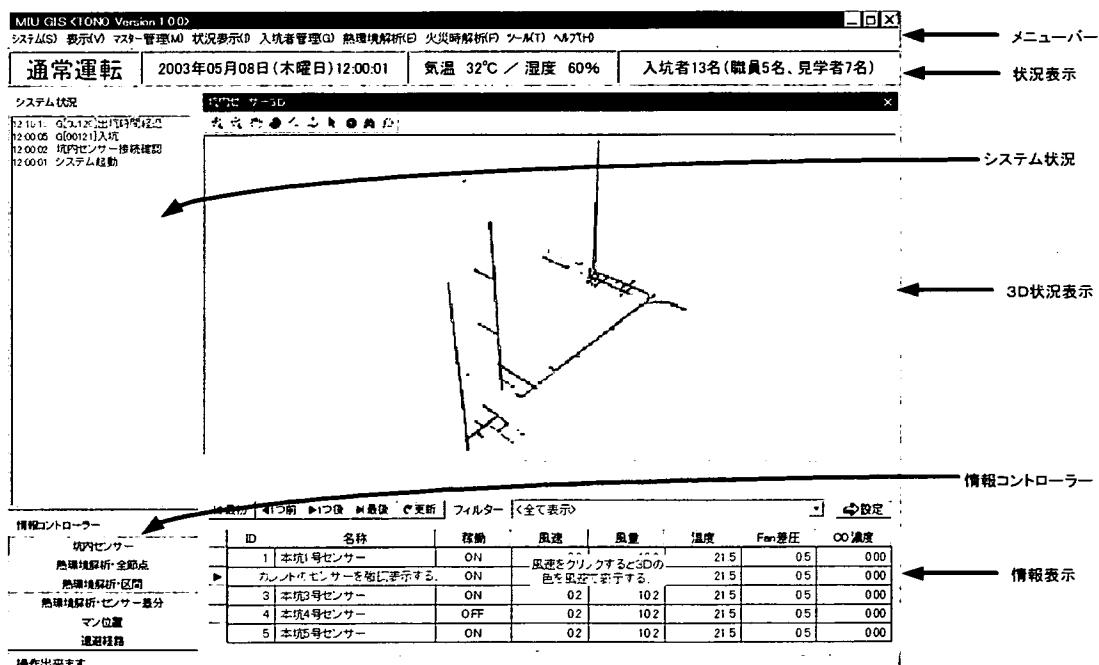


図 5.4-34 システムメイン画面

メイン画面は図 5.4-34 に示したとおりメニュー、状況表示、システム状況、3D 状況表示、情報コントローラー、情報表示により構成される。

(a) メニュー

メニューはマスター画面や様々な機能を呼び出す機能である。以下にメニューの内容を示す。

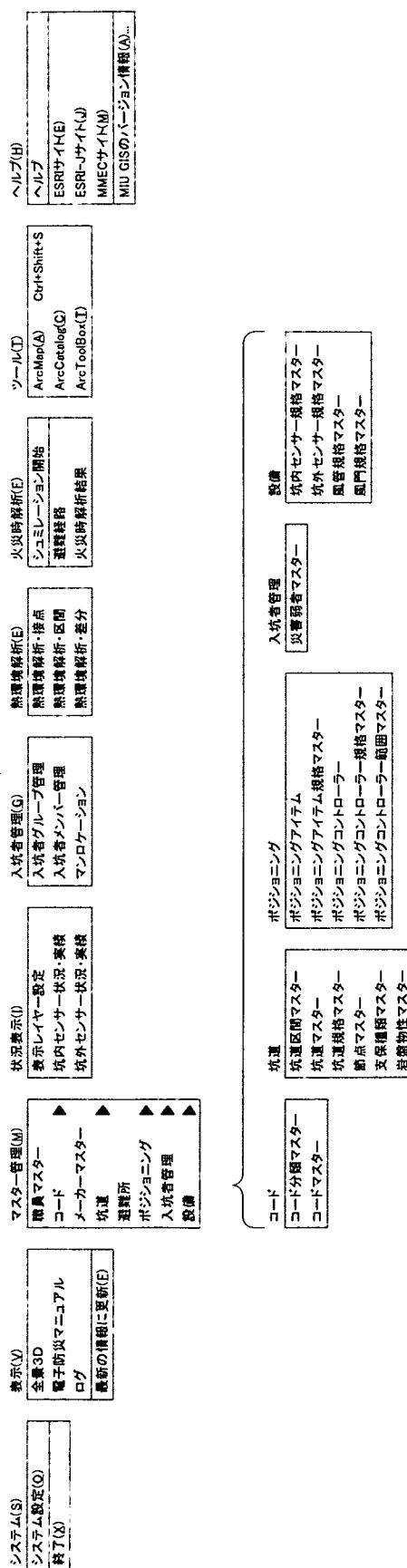


図 5.4-35 メニュー展開図

(b) システム状況

システム状況表示はシステム起動や終了、各設備の稼働状況、入坑者の入出坑などの状況をテキストにより表示する。

システム状況	
06日 17:08:51	システム起動
02日 15:20:36	退避経路計算終了
02日 15:20:35	退避経路計算開始
02日 15:20:35	火災時解析データ 取り込み終了
02日 16:20:29	火災時解析データ 取り込み開始
02日 15:19:27	リアルタイム解析//節点-9と節点
02日 15:14:58	システム起動
02日 14:38:28	退避経路計算終了
02日 14:38:27	火災時解析データ 取り込み終了
02日 14:38:27	退避経路計算開始
02日 14:38:16	火災時解析データ 取り込み開始
02日 14:37:35	リアルタイム解析//節点-9と節点
02日 14:31:17	システム起動
02日 13:49:02	リアルタイム解析//節点-51と節点
02日 12:45:56	リアルタイム解析//節点-51と節点
02日 12:37:30	リアルタイム解析//節点-51と節点
02日 12:26:50	リアルタイム解析//節点-51と節点
02日 12:26:28	システム起動
02日 12:23:16	リアルタイム解析//節点-51と節点
02日 11:44:04	退避経路計算終了
02日 11:44:02	退避経路計算開始
02日 11:42:40	退避経路計算終了
02日 11:42:40	退避経路計算開始
02日 11:42:37	退避経路計算終了
02日 11:42:36	退避経路計算開始
02日 11:42:35	退避経路計算終了
02日 11:42:34	退避経路計算開始
02日 11:40:38	退避経路計算終了
02日 11:40:37	退避経路計算開始
02日 11:40:37	火災時解析データ 取り込み終了

図 5.4-36 システム状況

(c) 情報コントローラー

情報コントローラーは 3D 状況表示画面および情報表示画面に表示する情報を選択するコントローラーである。ユーザーは確認したい情報項目をクリックすることで表示される情報を切り替えることができる。選択した各項目により表示される内容も異なる。各項目で表示される内容については以下に示す。

情報コントローラー	
物内センサー	
熱環境解析・全節点	
熱環境解析・区間	
熱環境解析・位置差	
マン位置	
待避経路	

図 5.4-37 情報コントローラー

(d) 3D 状況表示

3D 状況表示は 3D 坑内モデル上に情報コントローラにより選択された項目に関するデータを表示する。

- ・坑内センサおよび坑外センサ

センサ位置を 3D 構造図中に表示する。情報表示ウィンドウの各センサ番号をクリックすると、クリックされたセンサに水色のマーカーが点灯する。

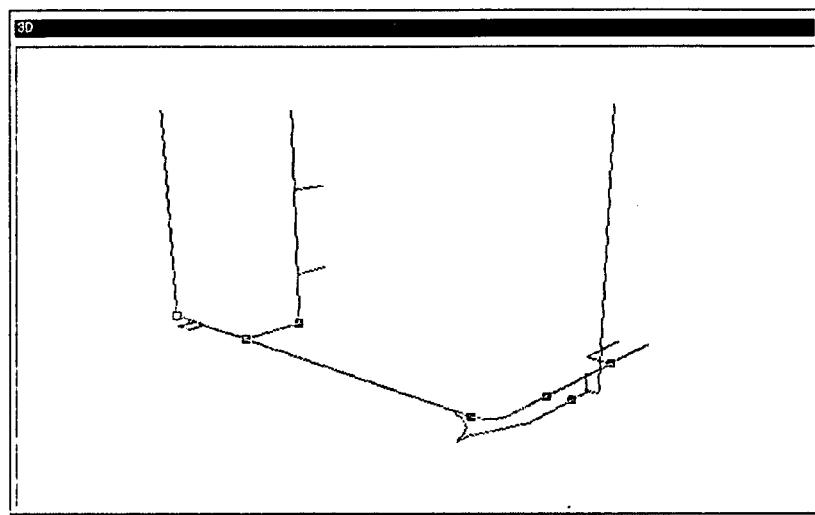


図 5.4-38 3D センサ表示画面

- ・熱環境解析結果の全節点表示および区間表示

熱環境解析結果は坑道上の全節点において表示を行う。表示は解析風量や温度毎に区分し区分毎に異なる色表示を行う。また、節点、区間ともに情報ウィンドウ中の対象節点や区間を選択すると、選択された点または区間が水色に点灯する。

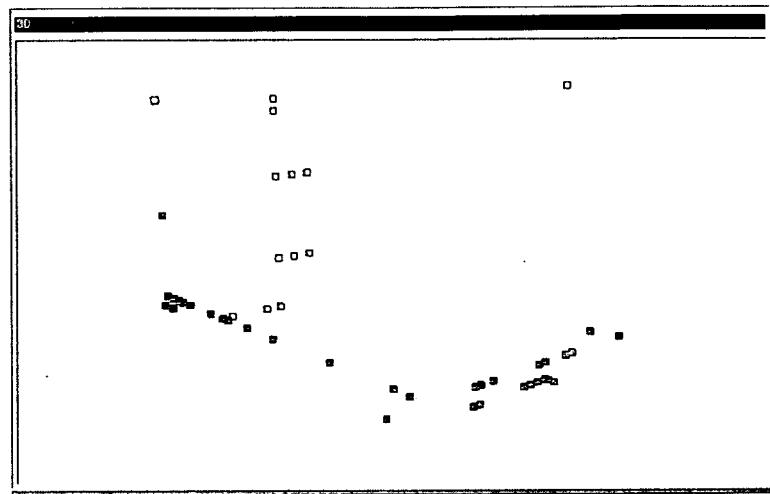


図 5.4-39 热環境解析節点表示

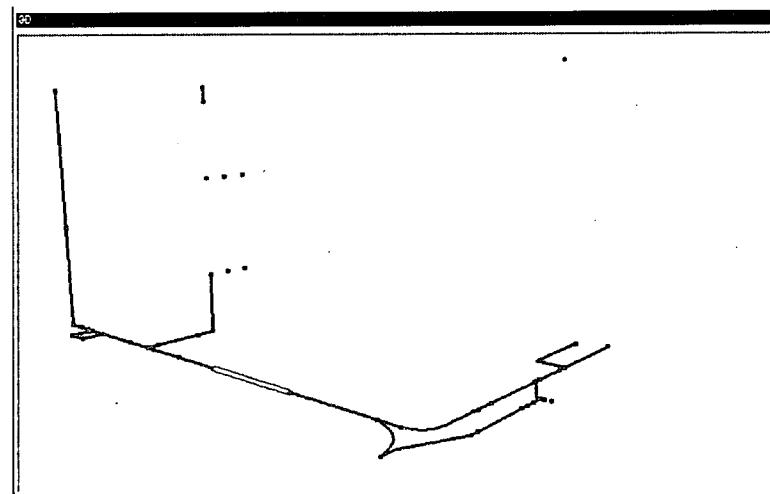


図 5.4-40 热環境解析区間表示

・マンロケーション位置

グループ毎の位置（PHS の受信アンテナ設置位置）を表示する。情報ウィンドウのグループ番号をクリックすると対象グループのみ水色のマーカーが点灯する。

・退避経路

グループ毎の避難経路を表示する。情報ウィンドウにはグループ毎に危険度の少ない順でルートが表示される。任意のルートを選択すると 3D 画面にルートが表示される。

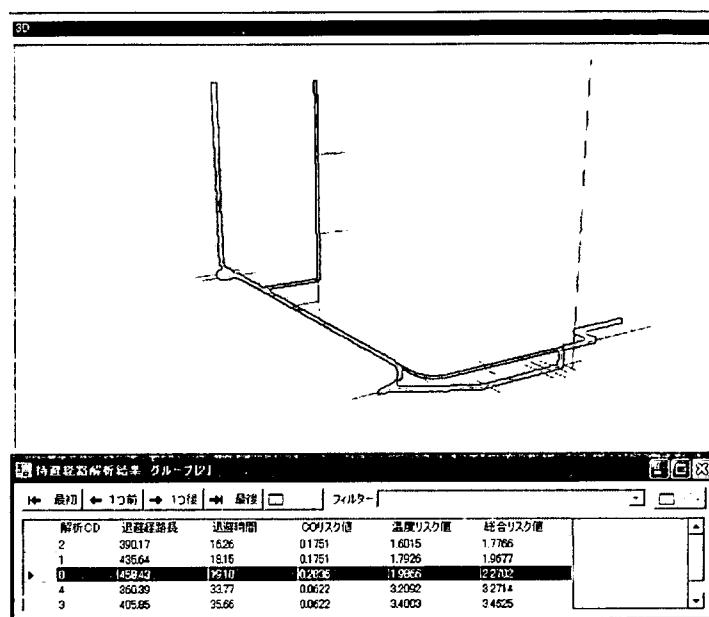


図 5.4-41 退避ルート 3D 表示

(e) 情報表示

情報表示には情報コントローラーで選択された項目に関連するデータがテキストおよびグラフにより表示される。ここでは坑内センサを例に情報表示に表示される情報を示す。図 5.4-42 情報表示画面はメイン画面の表示例である。通常は全てのセンサから最新データを表示している。図 5.4-43 は図 5.4-42 の全てのセンサから、詳細情報を見たい番号を選択することで、選択したセンサの時系列データを表示できる。図 5.4-44 は図 5.4-43 においてトレンドグラフを選択することで表示される。

図 5.4-42 坑内センサー情報 全センサー最新

番号	風速	風量	温度	湿度	Fan	CO
1	0.718	2.728	13.575	95.112	-9999.900	-9999.900
2	0.303	1.303	19.697	83.675	-9999.900	-9999.900
3	1.151	4.374	15.371	87.879	-9999.900	-9999.900
4	0.484	1.839	15.005	91.984	-9999.900	-9999.900
5	0.408	1.550	14.370	88.563	-9999.900	-9999.900
6	8.547	5.128	17.214	86.559	-9999.900	-9999.900
7	-9999.900	-9999.900	17.155	59.238	1180.352	-9999.900

図 5.4-42 情報表示画面

図 5.4-43 坑内センサー情報 時系列 センサー番号:1

時間	風速	風量	温度	湿度	Fan	CO
2004/03/18 0:02	0.721	2.740	13.514	95.015	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:03	0.775	2.945	14.186	94.966	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:04	0.679	2.580	12.805	94.844	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:05	0.679	2.580	13.502	94.917	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:06	0.582	2.212	12.805	94.941	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:07	0.758	2.880	13.551	94.941	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:08	0.638	2.424	14.198	94.941	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:09	0.560	2.128	13.453	94.917	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:10	0.626	2.379	13.502	94.966	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:11	0.758	2.880	13.306	95.015	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:21	0.758	2.880	12.805	95.015	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:22	0.738	2.804	13.502	95.015	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:23	0.601	2.284	13.453	94.966	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:24	0.753	2.861	13.514	94.966	-9999.900	-9999.900
2004/03/18 0:25	0.696	2.645	13.502	94.892	-9999.900	-9999.900

図 5.4-43 情報表示個別センサ時系列表示

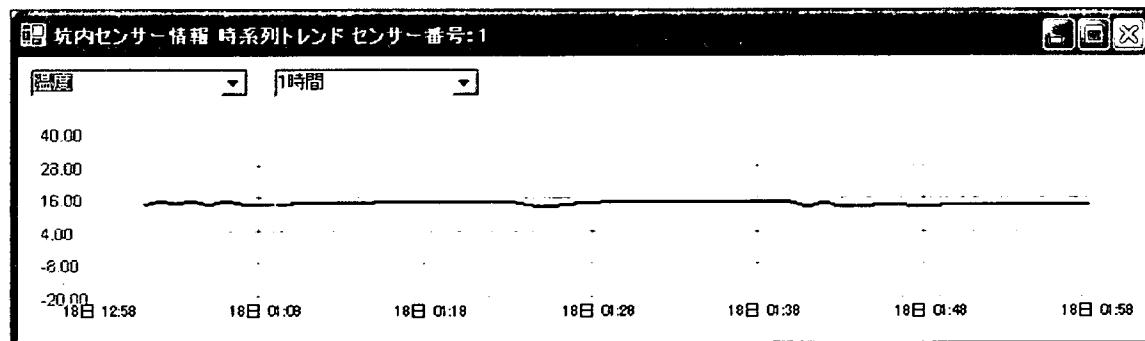


図 5.4-44 個別センサトレンドグラフ

(2) データ管理画面

データ管理画面は、データベースへのデータの追加や削除並びに編集という作業を直接データベースのテーブルを操作することなく、直感的にデータ管理ができるように準備された Graphical User Interface である。

データ入力画面は社員名や坑道情報などのあらかじめシステムに登録する固定情報を入力編集するマスター画面と、入坑者情報などの変動データを入力・編集する管理画面から構成される。それぞれの画面の呼び出しは、メイン画面上部のメニューにより行う。

(a) 職員管理マスター

システム管理者や施設管理者等の情報を登録編集する画面。

職員ID	職員名	権限	生年月	性別	有効/無効	コメント	更新者
F1	Staff01	<未指	1990/1	男性	有効	AAA	Staff01
F2	Staff02	<未指	1980/1	男性	有効	BBB	Staff01
F3	Staff03	<未指	2004/0	男性	有効	CCC	Staff01
F6	Staff04	<未指	2004/0	男性	有効	1	Staff01
F7	Staff05	システム	2004/0	男性	有効	1	Staff01
F8	Staff06	システム	2004/0	男性	有効	1	Staff01
F9	Staff07	システム	2004/0	男性	有効	1	Staff01
F10	Staff08	システム	2004/0	男性	有効	1	Staff01
6666	Staff09	システム	2004/0	女性	有効	6666	Staff01
8888	Staff10	システム	2004/0	女性	有効	8888	Staff01
TestUser	TestUser	システム	(null)	男性	有効	(null)	Staff01

図 5.4-45 職員管理マスター画面

(b) 坑道区間管理マスター

本システムは坑道を節点と区間に分けて管理を行っている。坑道区間管理マスターは、坑道の区間情報を登録・編集する画面である。

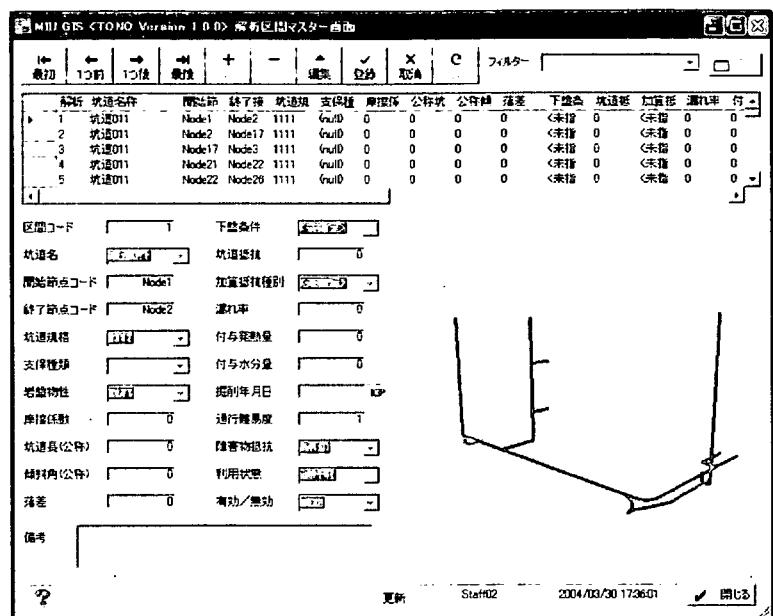


図 5.4-46 坑道区間管理マスター画面

(c)坑道規格マスター

坑道規格マスターは、施設内に存在する坑道に関する規格を定義する画面である。この画面により定義された情報を使用し、各坑道に対して規格を設定する。

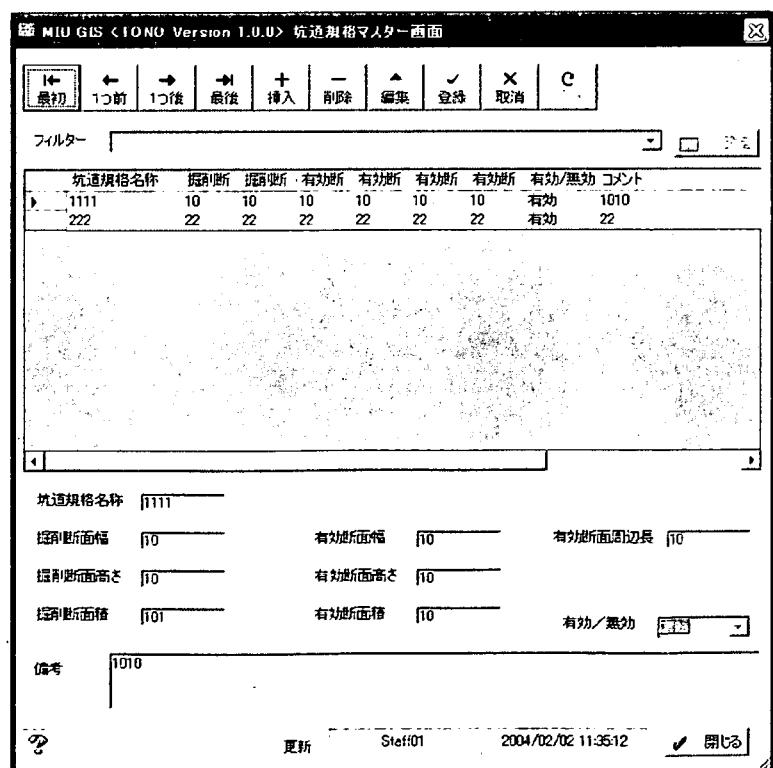


図 5.4-47 坑道規格マスター画面

(d) 坑道節点管理マスター

節点は本システムで実施する解析、管理上使用する坑道上の仮想点である。坑道節点管理マスターにより点の追加、削除等の編集を行う。（*プロトタイプでは、坑道が固定しているため、点の追加・削除を行う機能は付加せず、節名変更等の機能のみ付加した。）

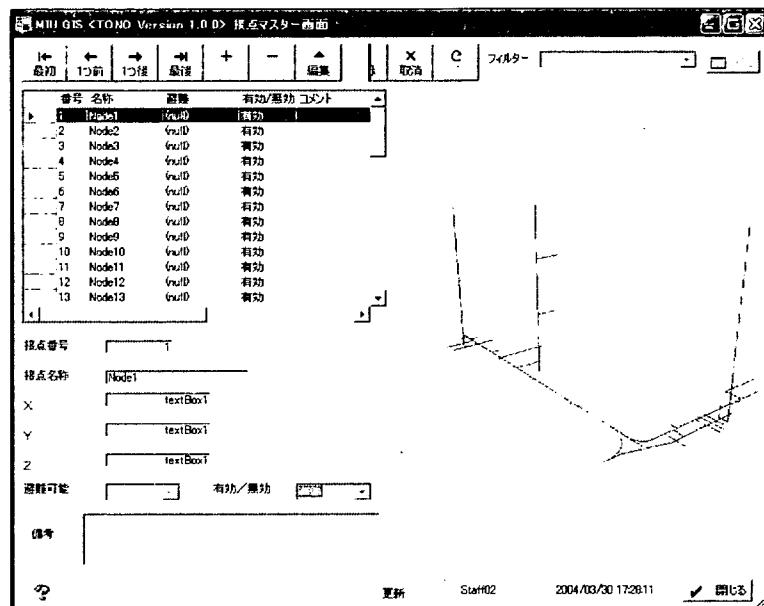


図 5.4-48 坑道節点管理マスター

(e) 歩行速度区分マスター

避難ルート解析時には入坑者の歩行速度データが必要となる。入坑者毎には入坑者メンバー管理画面で歩行速度を付与するが、その際にあらかじめ歩行速度による区分を行ったテーブルから、各個人に適合した区分を選択する必要がある。歩行速度区分マスターにより歩行速度区分を行う。

図 MIU GIS <TONO Version 1.0.0> 災害弱者マスター画面

災害弱者分類名	歩行速	有効/無効	コメント	更新者	更新日
未指定	20	有効	22222222	Staff02	2004年2月2日 1614:47
職員	50	有効		Staff02	2004年2月2日 1616:11
女性	30	有効		Staff02	2004年2月2日 1616:11
高齢者	30	有効	(null)	Staff02	2004年2月2日 1616:12
子供	20	有効	(null)	Staff02	2004年2月2日 1616:12

災害弱者分類名称 [未指定] 歩行速度 [20] 有効/無効 [有効]

備考 22222222

更新 Staff02 2004/02/02 16:14:47 ✓ 閉じる

図 5.4-49 歩行速度区分マスター

(f) 入坑者メンバー管理

入坑者情報を登録・編集する画面である。入坑者は管理者に対し入坑前に必要な個人情報を提出し、その情報が管理者によってシステムに登録される。

図 MIU GIS <TONO Version 1.0.0> 入坑者メンバー画面

グループ名	結成日時	氏名	入坑者	登録日	生年月	性別	災害弱	有効/無効	コメント
Group2	2004/02/02 1	Member1	未指	2004/0	(null)	男性	未指	無効	
Group2	2004/02/02 1	Member2	未指	2004/0	(null)	男性	未指	無効	
Group2	2004/02/02 1	Member3	未指	2004/0	(null)	男性	未指	無効	
Group2	2004/02/02 1	Member4	未指	2004/0	(null)	男性	未指	無効	

氏名 [Member] 運送先住所 _____
 入坑者分類 [未指] 運送先電話番号 _____
 生年月日 _____ 災害弱者分類 [未指]
 性別 _____ 有効/無効 [無効]
 運送先電話番号 2004/04/01 12:15:47

備考 _____

更新 TestUser 2004/04/01 12:15:47 ✓ 閉じる

5.4

図 5.4-1 入坑者メンバー管理

(g) 入坑者グループ管理

プロトタイプでは東濃鉱山をモデルとして構築を行った。東濃鉱山では入坑者全員が位置情報を提供する PHS 端末を持つ訳ではなく、グループの代表者が 1 台持つのみである。したがって、位置情報の取得はグループ毎に行う必要があるため、入坑者グループ管理画面を構築した。グループは入坑者メンバー管理で登録されたメンバーから登録される。

グループ名	結成日	解散日	入坑日	昇降子	昇降日	管理者	分類	位置アイ	入坑状態	有効／無効
Group1	2004/0	2004/0	2004/0	(null)	(null)	Staff04	<未指	PHS-64	入坑中	有効
Group2	2004/0	2004/0	2004/0	(null)	(null)	Staff03	点検	PHS-03	入坑中	有効
Group3	2004/0	(null)	2004/0	(null)	2004/0	(null)	<未指	PHS-64	入坑中	有効
Group4	2004/0	(null)	2004/0	(null)	2004/0	(null)	<未指	PHS-62	解散待ち	有効
MMEC-1	2004/0	(null)	2004/0	(null)	2004/0	Staff01	作業	PHS-14	入坑中	有効
MMEC-2	2004/0	(null)	2004/0	(null)	2004/0	Staff02	作業	PHS-34	入坑中	有効
0402-7	2004/0	(null)	2004/0	(null)	(null)	Staff01	<未指	PHS-34	入坑中	有効

Below the table are input fields for creating a new group:

- グループ名: Group1
- 昇降予定日時: (input field)
- 結成日時: (input field)
- 昇降日時: (input field)
- 入坑日時: (input field)
- 解散日時: (input field)
- グループ管理者: Staff04
- グループ分類: 実験室
- ポジショニングアイテム: (input field)
- 状態: 入坑中
- 参考: (input field)
- 有効／無効: (input field)
- 入坑: (button)
- 出坑: (button)
- 解散: (button)

At the bottom right: 更新 (Update), Staff02, 2004/04/01 21:53:31, チェックボックス (checked), 閉じる (Close).

図 5.4-2 入坑者グループ管理

(g) ログ管理

メイン画面のシステム状況に表示された情報はログテーブルに保存されいつでも参照、編集することが可能である。ログ管理画面は、過去のシステム状況の確認等を行うための画面である。

種別	件名	内容
状況	2004/04/06 17:44 [PG=MUGS][UT=frmMain][MH=frmMain_Los]	システム起動
状況	2004/04/06 17:08 [PG=MUGS][UT=frmMain][MH=frmMain_Los]	システム起動
状況	2004/04/02 15:20 [PG=MUGS][UT=frmMain][MH=RefreshFire]	逃避経路計算終了
状況	2004/04/02 15:20 [PG=MUGS][UT=frmMain][MH=RefreshFire]	逃避経路計算開始
状況	2004/04/02 15:20 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckFire]	火災時解析データ 取り込み終了
状況	2004/04/02 15:20 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckFire]	火災時解析データ 取り込み開始
状況	2004/04/02 15:19 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckAlerInfo]	リアルタイム解析//節点-9と節点-1
状況	2004/04/02 15:14 [PG=MUGS][UT=frmMain][MH=frmMain_Los]	システム起動
状況	2004/04/02 14:38 [PG=MUGS][UT=frmMain][MH=RefreshFire]	逃避経路計算終了
状況	2004/04/02 14:38 [PG=MUGS][UT=frmMain][MH=RefreshFire]	逃避経路計算開始
状況	2004/04/02 14:38 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckFire]	火災時解析データ 取り込み終了
状況	2004/04/02 14:36 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckFire]	火災時解析データ 取り込み開始
状況	2004/04/02 14:37 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckAlerInfo]	リアルタイム解析//節点-9と節点-1
状況	2004/04/02 14:31 [PG=MUGS][UT=frmMain][MH=frmMain_Los]	システム起動
状況	2004/04/02 13:49 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckAlerInfo]	リアルタイム解析//節点-51と節点-50
状況	2004/04/02 12:45 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckAlerInfo]	リアルタイム解析//節点-51と節点-50
状況	2004/04/02 12:37 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckAlerInfo]	リアルタイム解析//節点-51と節点-50
状況	2004/04/02 12:26 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckAlerInfo]	リアルタイム解析//節点-51と節点-50
状況	2004/04/02 12:26 [PG=DataGleaner][UT=Form1][MH=CheckAlerInfo]	リアルタイム解析//節点-51と節点-50

表示条件 期間 2004年 3月31日 ~ 2004年 4月 6日
 状況 異常 システムエラー その他

閉じる

図 5.4-3 ログ管理

6 今後の課題と対応

6.1 瑞浪超深地層研究所への適用に対する課題

本プロトタイプでは、GIS システム、PHS マンロケーション、各種センサ情報管理システムが並列で存在し、データ交換についても個々のシステム間で独自の受け渡しを行っているため、システム全体として統一感に欠け、データの流れが個々のシステム中に止まっている。これは、各データを横断的に利用し解析を行い、管理者の意志決定を支援するサポートシステムとしては、大きな問題点である。したがって、瑞浪超深地層研究所へ適用する場合には、センサデータを管理するシステムから、本情報管理システムまでが統一されたシステムとして動作できるように、全体設計をすることが望ましい。また、同時にデータベースも統一されたデータベースを一元管理することが望ましい。

6.1.1 DBMS (Database Management System)

本システムは GIS テクノロジーをベースに設計・開発を行っているシステムであるため、そのデータベースは空間データと非空間データとを連携させ格納することが可能な GIS に適したものでなければならない。また、上記の通り、横断的なシステムとするためには、施設で扱うほぼ全てのデータを一元的に管理する事が望ましい。このような多様で大容量となるデータを扱うためには、本プロトタイプで採用したジオデータベースと ACCESS の組み合わせでは対応することは出来ない。したがって瑞浪超深地層研究所では GIS データベース管理ソフトおよび、データベースソフトとして膨大な容量に対応できかつマルチクライアントに対応したソフトの導入が必要である。

6.1.2 機能

プロトタイプは解析、監視および表示等の基本機能の確認を行うことを主な目的に作成したため、監視、解析等の基本機能以外については実装を行っていない。今後は東濃鉱山における現場実証試験等で明らかとなった課題の改善を図ると共に、瑞浪超深地層研究所適用時に必要な機能を検討し、実装する必要がある。また、16 年度中に ArcGIS の次期バージョンが発表される見込みであるため、瑞浪超深地層研究所適用には、次期バージョンを検討した上で設計を行うことが望ましい。

6.2 電子防災マニュアルの構築

平成 14 年度、平成 15 年度に構築した情報管理システムは、管理者の判断支援システム(Decision Support System)と位置づけており、異常が発生した場合に管理者がその処置に関し迅速かつ的確な判断を下し実際の通気制御や避難指示などを行うための精度の高い情報を提供することを目的として構築したものである。しかし万が一災害が発生した場合、管理者が行うべき対応は膨大な量に達し、災害対策は初期の 5 分間、と言われる状況下において瑕疵のない迅速な対応をするためには、防災マニュアルによる管理者支援が必須である。

例えば仮に坑内火災の兆候があり、情報管理システムにより異常が早期検知され、その火災発生源と火災状況が解析により求められ、それをもとに火災影響範囲の予測、通気制御方法、消火方法、入坑者の避難ルート分析結果が同システムで表示されたとして、果たしてこれらの情報および制御・指示方法が 100% 正しく、間違いない指示や制御が可能であるかについては、経験の深い管理者の判断を介入させることが必要であろう。この時、管理者はコンピュータによる情報に止まらず、入坑者からの情報を始め同システムで網羅していない他の情報や、経験と知識に基づき評価し、判断を下すことになる。この判断には、管理者が行うべき対応を表示し、漏れのない情報収集を行うことができるマニュアルによる支援が効果的である。

近年、テロや災害が発生するたびに防災マニュアルの強化が叫ばれているが、それらのマニュアルはペーパーであったり、防災対策を概念的にまとめたものであることが多く、現場的、実務的で迅速な対応が可能な防災マニュアルが必要とされている。電子防災マニュアルはこれらの概念の中で、情報管理システムとリンクさせ、災害の状況に対応した自動的な必要なチェック機能を有するシステムと考えられる。今回構築した情報管理システムの機能を発揮させるために、是非とも必要なシステムと考えられ、早期の構築が必要と判断される。

6.3 操作検証により明らかとなった課題

6.3.1 異常検知

災害の兆候があった場合にそれを異常とするか平常状態の変動範囲内とするかは、今回構築した情報管理システムでは気象データに基づくリアルタイム通気網解析の結果と、坑内で計測された通気状態とを比較し、ある一定範囲を超えた場合に異常と判断している。しかしその両者の誤差範囲の許容値をどの程度に定めるかはセンサの計測精度と変動幅に依存している。

東濃鉱山の通気センサ情報の変動幅を調査した結果、その変動範囲はかなり大きく、現状では許容値は計測値±数 10%のオーダーに止まっている。従って仮に火災が発生した場合に風速変化が異常と判断するには、火災がかなり拡大してからでなければ異常と判断されない状況にある。また、風速計測値のみを異常判断のパラメータとするのはリスクが大きい。

対策としてはセンサの計測精度向上はもとより、複数のパラメータによる異常検知が望ましい。その一つとして温度異常が考えられるが、温度センサが火源近傍にあった場合は早期検知が可能であるが、壁面冷却により温度降下が著しい場合には異常検知が遅れる可能性がある。このため温度、CO、煙などの複数のセンサによる複合的な異常検知システムを構築することが重要と考えられる。

6.3.2 データ受け渡しタイミング

構築作業時用いていた疑似データでは発生しなかったデータ読み書きのタイミングによるエラーが検証操作時に発生した。東濃鉱山では、坑外センサ、気象センサ、マンロケーション位置がそれぞれ別々のデータベースに格納されているため、各データについて更新されるタイミング等が異なり、本システムと現地システム間との読み込みおよび書き込みのタイミングの同期が出来ずにシステムエラーを起こす現象が確認された。

本プロトタイプでは東濃鉱山に設置された異なるシステムからのデータ取得手段として、もっとも確実な方法をとるために、ファイルベースの受け渡しを行ったが、これは、データのリアルタイムでの受け渡しおよび拡張性等で劣り、また上記のような障害も起こることから、瑞浪超深地層研究所へ適用する場合には他の手段の検討も行う必要がある。

7まとめ

超深地層研究所は、核燃料サイクル開発機構(以下、「サイクル機構」とする)が東濃鉱山とその周辺で行っている地層科学研究を一層拡充するために、サイクル機構が瑞浪市より貸与された用地の山野内・戸狩地区に建設を計画しているもので、地上施設と地下数100mから1,000mに至る地下施設とから構成される。

超深度の地下の研究施設建設に当たっては、通常の地上施設と異なり様々な特殊条件があるため、公開施設であることを踏まえて坑内環境と防災を十分に考慮した設計を行う必要がある。特に地上との出入り口が限られた条件下での通気システムや防災システムは、施設の根幹を為すものと考えられる。また研究坑道の掘削工事においては、坑内管理システムとして、それぞれが独立した①入出坑管理システム、②火災管理システム、③環境管理システム、④通信管理システム、の4つのシステムを構築する計画である。

本契約業務では、これらのシステムを連鎖させ、坑道から取得されたデータ、情報を運用することによって、超深地層研究所研究坑道の通気・防災システムが効果的に機能するための坑内情報管理システムを構築した。まず坑内情報の管理システムについて概要を調査し、地下施設の情報監視、制御からなる情報管理システムの具備すべき機能について検討を行った。この結果、策定した基本計画に基づき、坑内異常判断システムを構築し、基本プログラムの開発を行った。さらにGISによる情報統合化、最適避難ルート検索システム、情報表示システム等の構築を行い、表示システムの開発を行った。開発したシステムは東濃鉱山の現場のデータを用いて作動の検証を行うとともに、所期の機能を発揮することを確認した。

今回開発したシステムはプロトタイプであり、瑞浪超深地層研究所への適用を図るためにには、データ交換などデータの管理に関し統一した設計による一元化管理が必要であること、大容量のデータを取り扱うためにはDatabase Management Systemを介することが適切であること、本システムが管理者の判断支援システムとして効果的に機能するためには、サブシステムとしての電子防災マニュアルの開発が必要であること、などの課題が明らかとなった。また、システムのバグの解消やユーザーフレンドリーな操作や表示、その他機能改善を行うためには、東濃鉱山などの現場での長期間の活用試験の実施が望ましいと考えられる。

従来、地下施設の情報管理システムは、監視システムや個別の情報管理システムから構成されており、個別管理技術は確立されている者の一元化管理がなされていないのが実態であった。このため一旦災害が発生した場合に、多くの個別情報を管理者が知識と経験に基づいて統合し、判断する必要があった。このため判断の遅れやヒューマンエラーの原因となっていた。今回構築した情報管理システムは、従来の監視機能

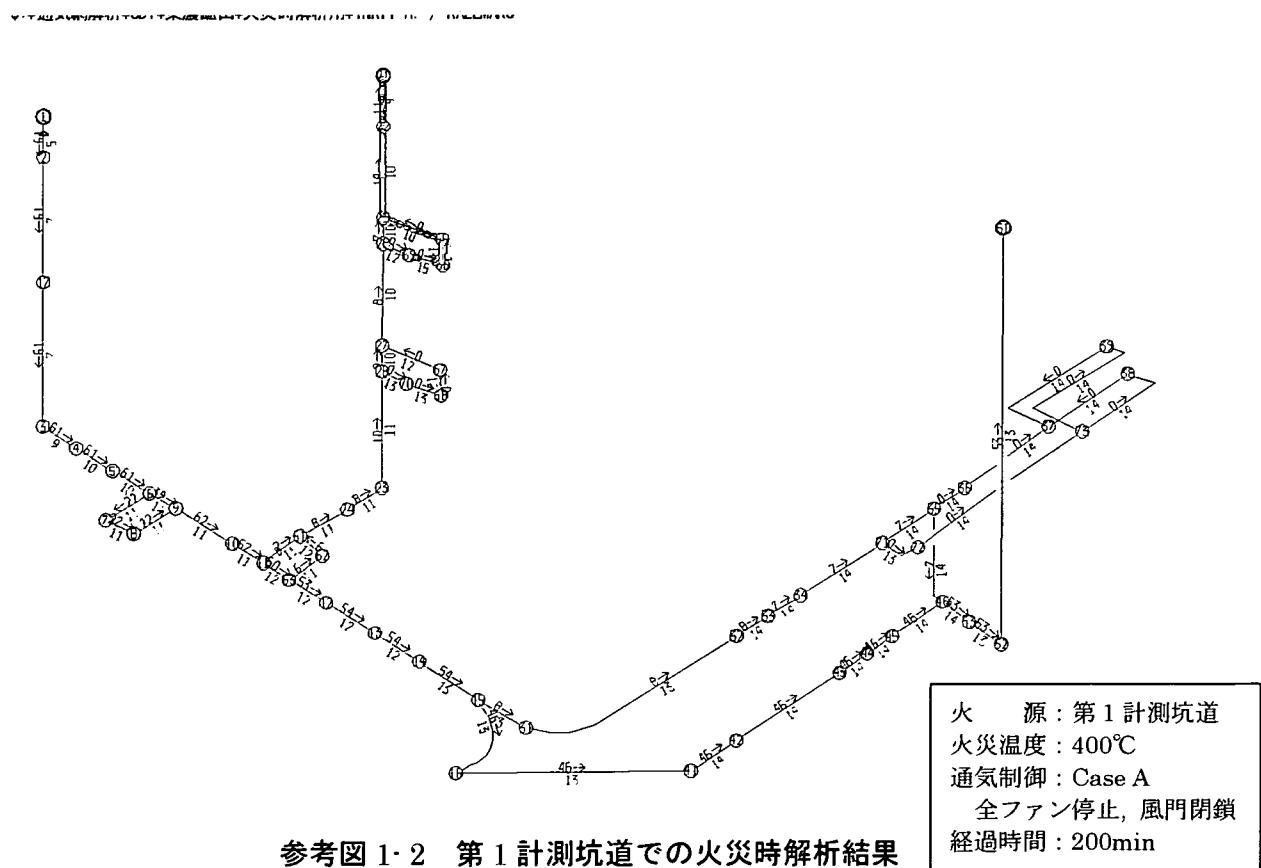
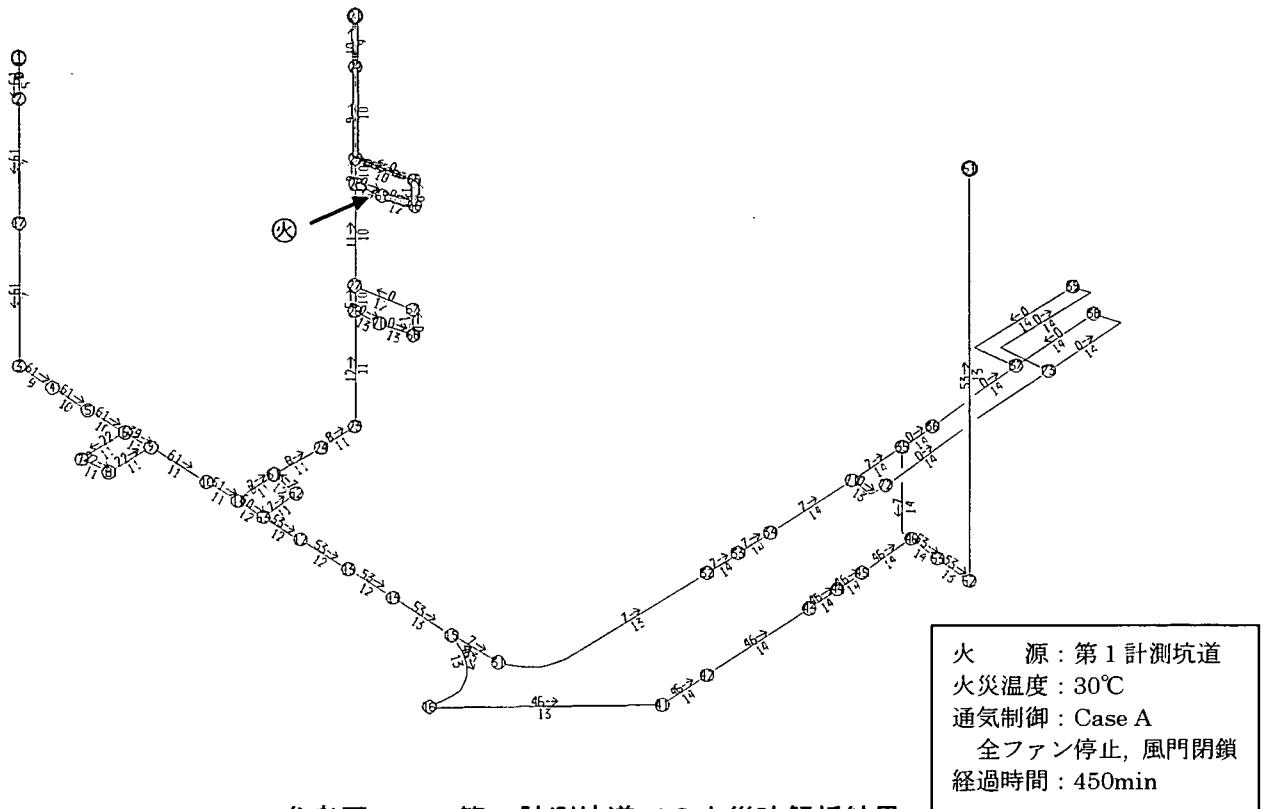
に異常判断機能を付加し、災害の影響範囲を予測し、入坑者や設備の状況に関する情報を統合化して最適な避難方法と災害拡大防止対策に関する情報を瞬時に管理者に提供し、管理者が迅速に且つ瑕疵無く判断できるよう支援するもので、従来の情報管理システムの課題を解決し、災害リスクをミニマイズすることのできる画期的なシステムと言える。しかしながら現状はプロトタイプシステムの開発が完了した段階であるため、今後、さらなる改善と適用化を図っていく必要がある。

-
- 1) (財)石炭技術研究所・(財)資源・素材学会 : 炭鉱保安技術要覧 第8編 坑内監視システム, 1992
 - 2) 日建設計(株) : 瑞浪超深地層研究所 安全対策に関する設計説明書, 2003
 - 3) 井上雅弘 : 通気網の解析と掘進切羽の通気, 資源と素材, Vol.116, No.2, 2000
 - 4) 河西朝雄 : C言語による初めてのアルゴリズム入門, 技術評論社

参考資料 1

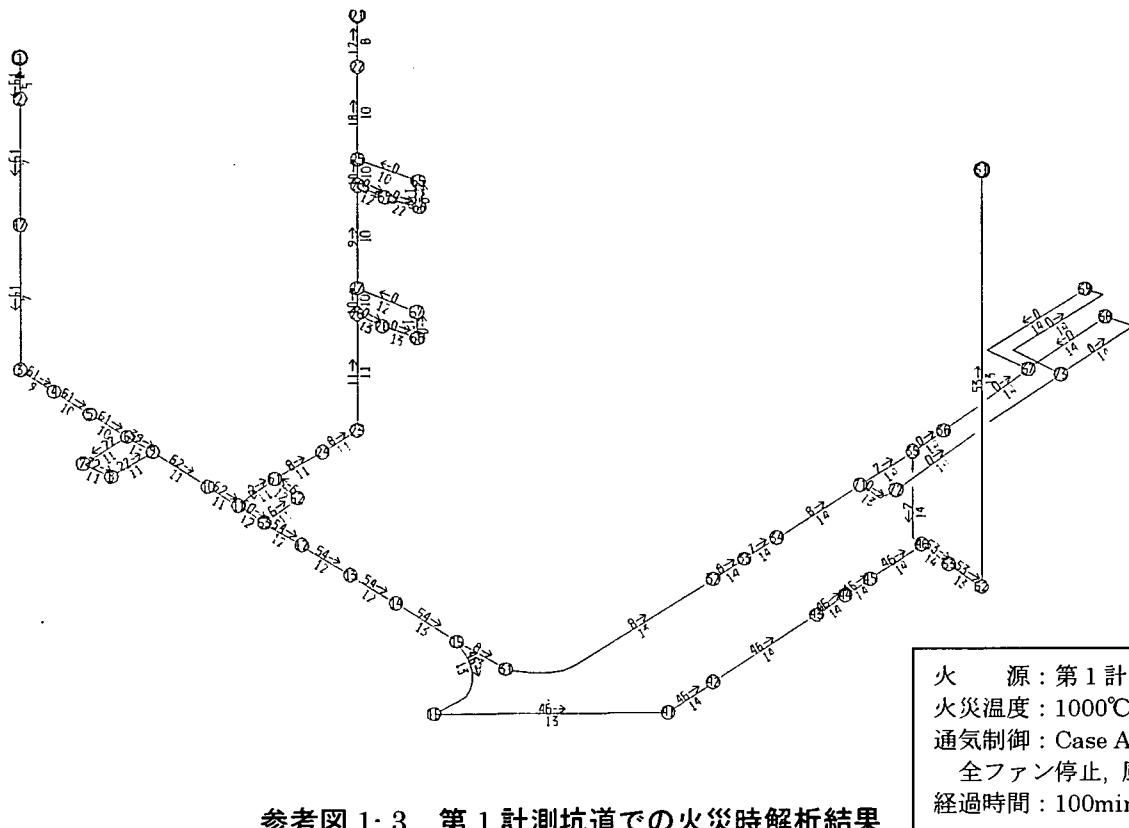
火災時解析結果図

参考資料 1

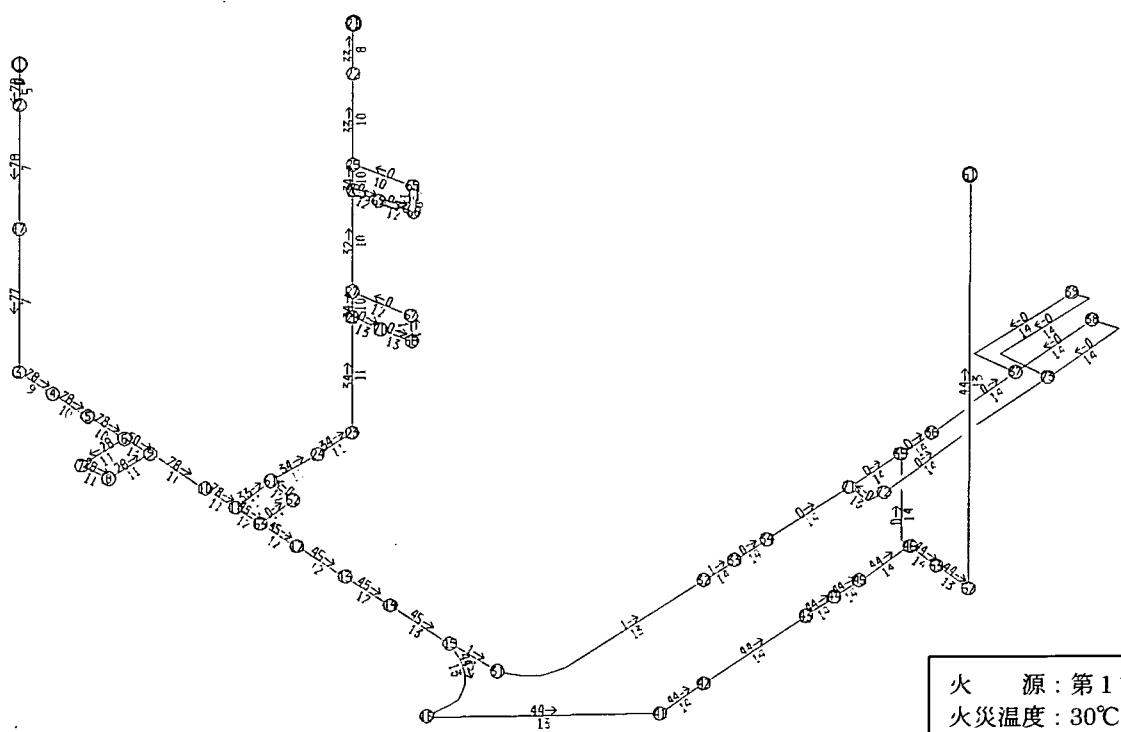


参考資料 1

火災時解析用TNKII-A / KAZMARU

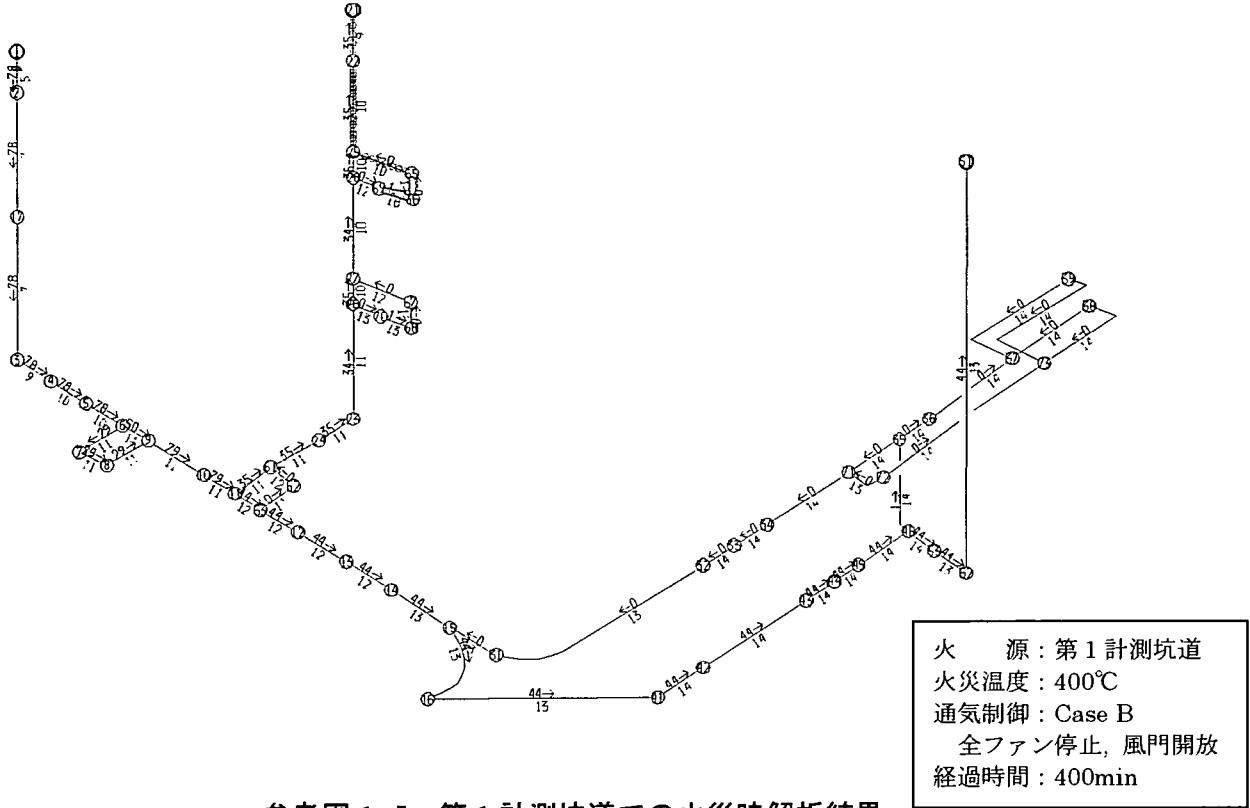


参考図 1・3 第1計測坑道での火災時解析結果

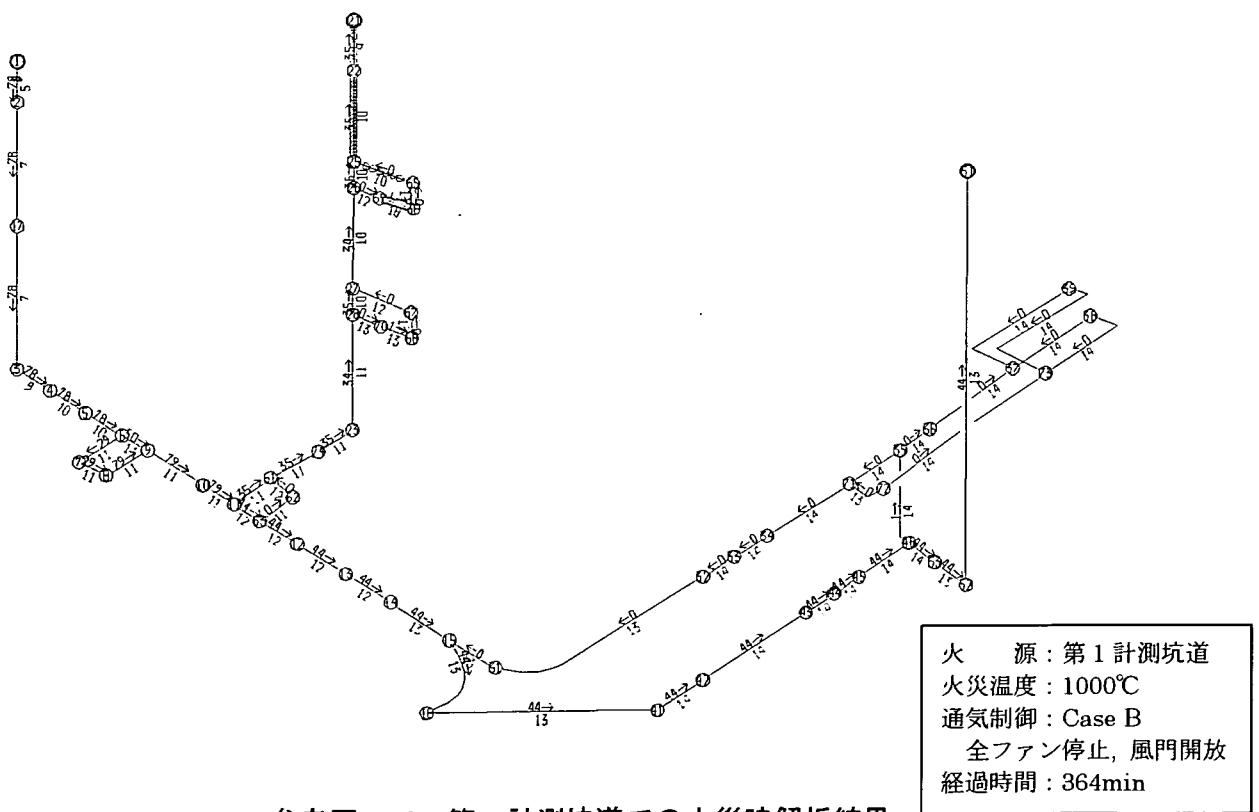


参考図 1・4 第1計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1

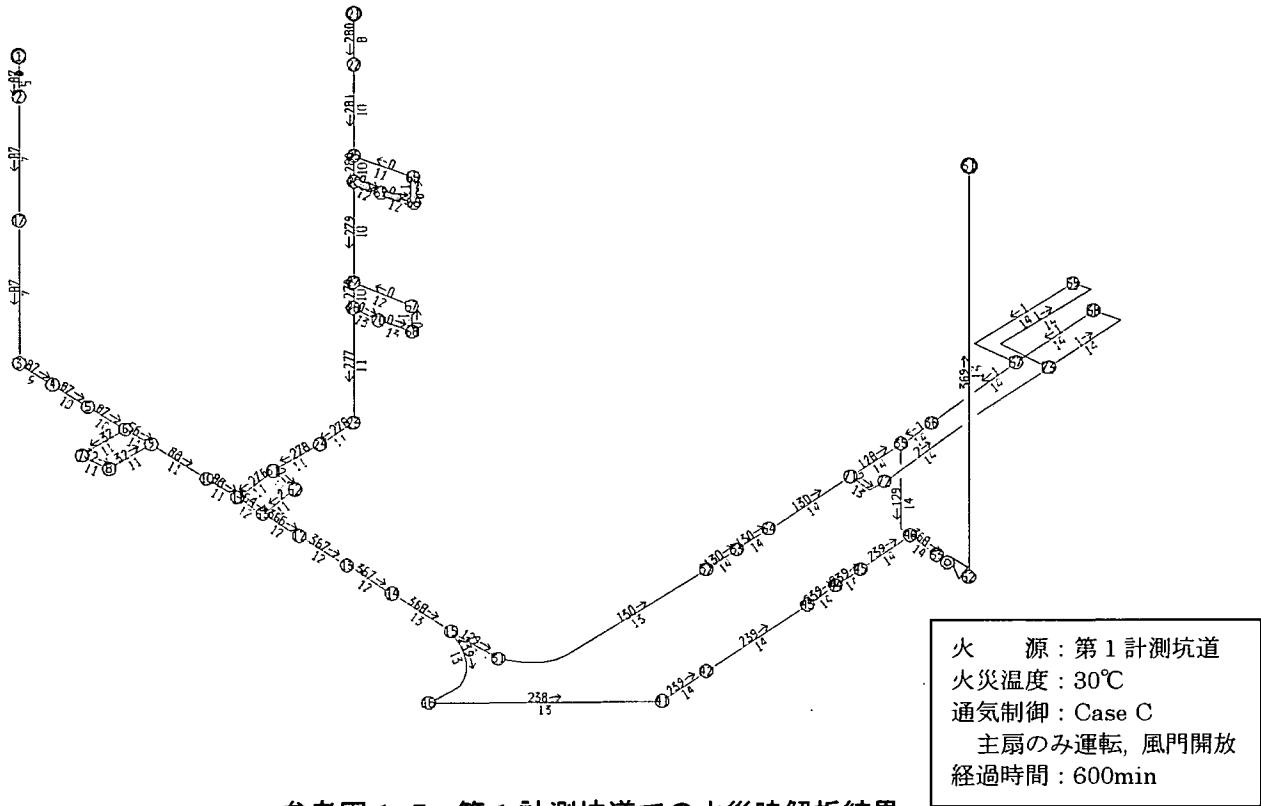


参考図 1・5 第1計測坑道での火災時解析結果

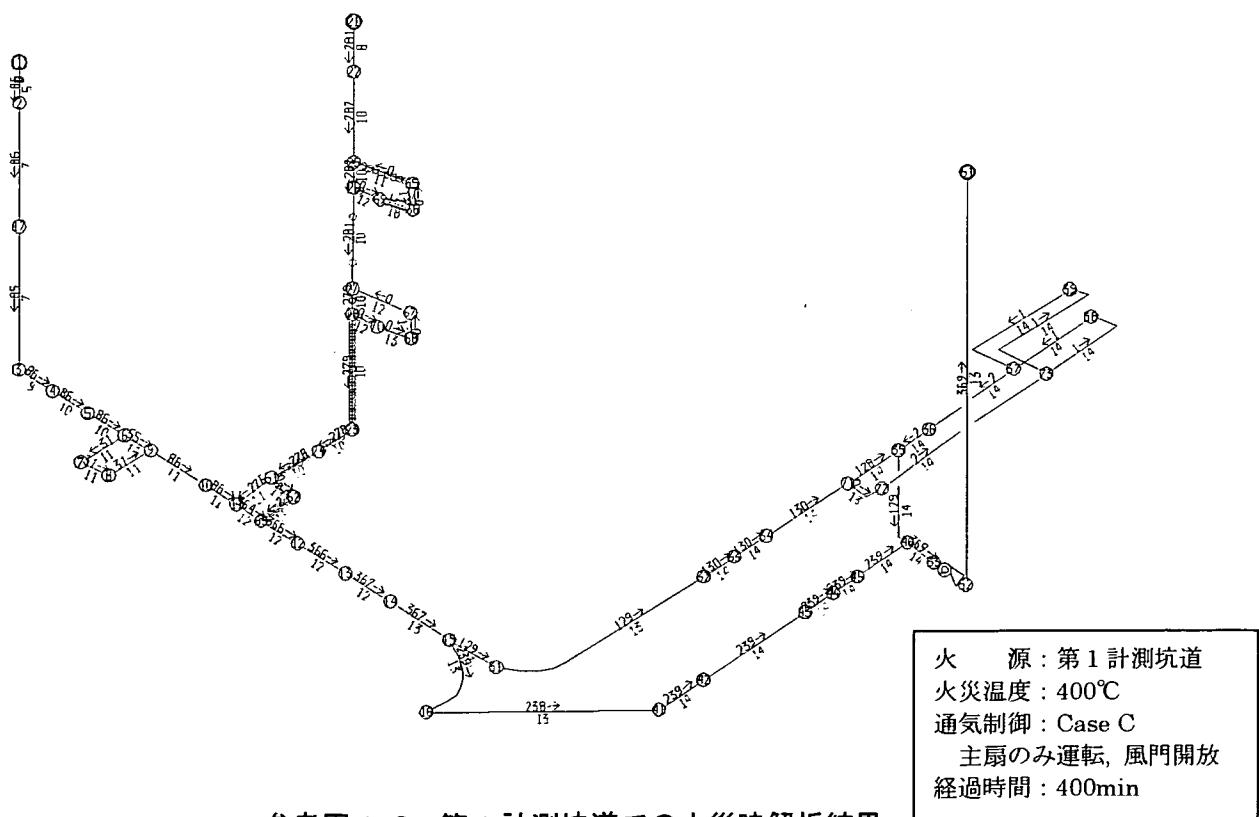


参考図 1・6 第1計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1

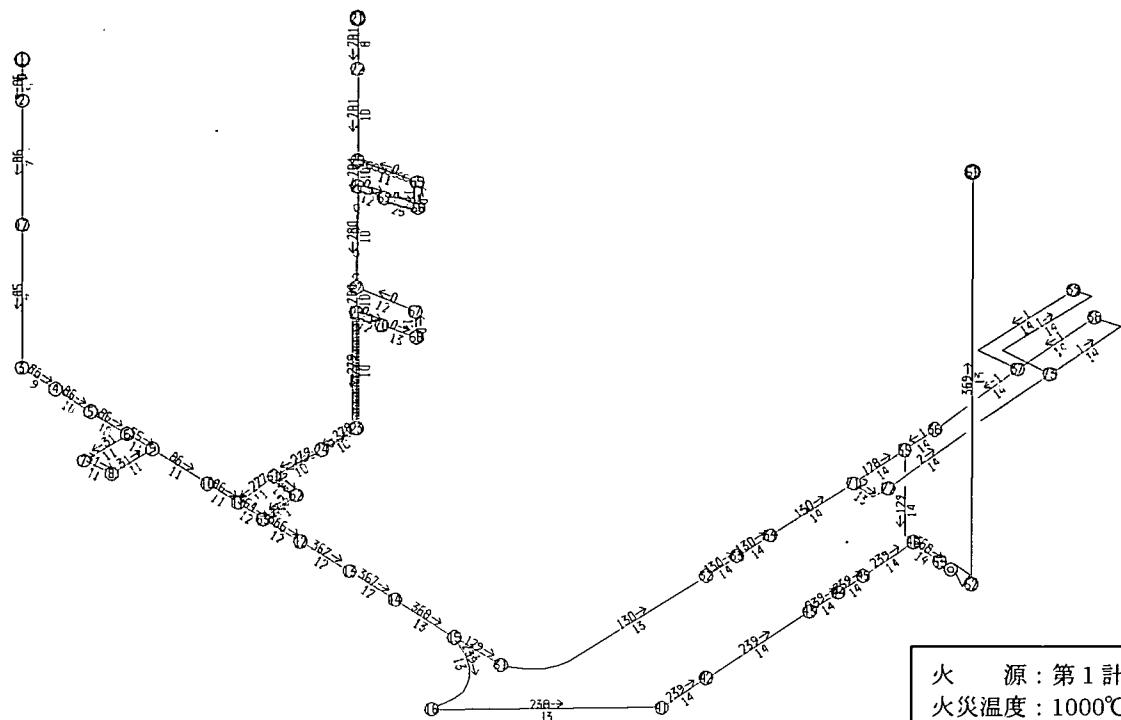


参考図 1・7 第1計測坑道での火災時解析結果

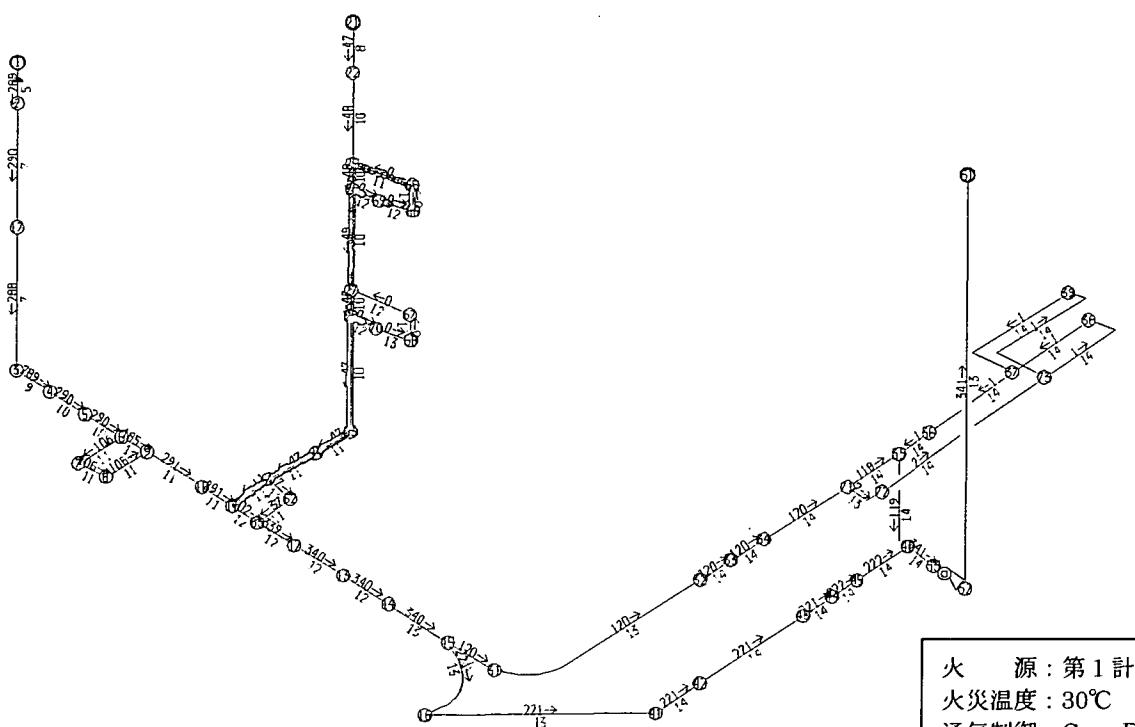


参考図 1・8 第1計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1

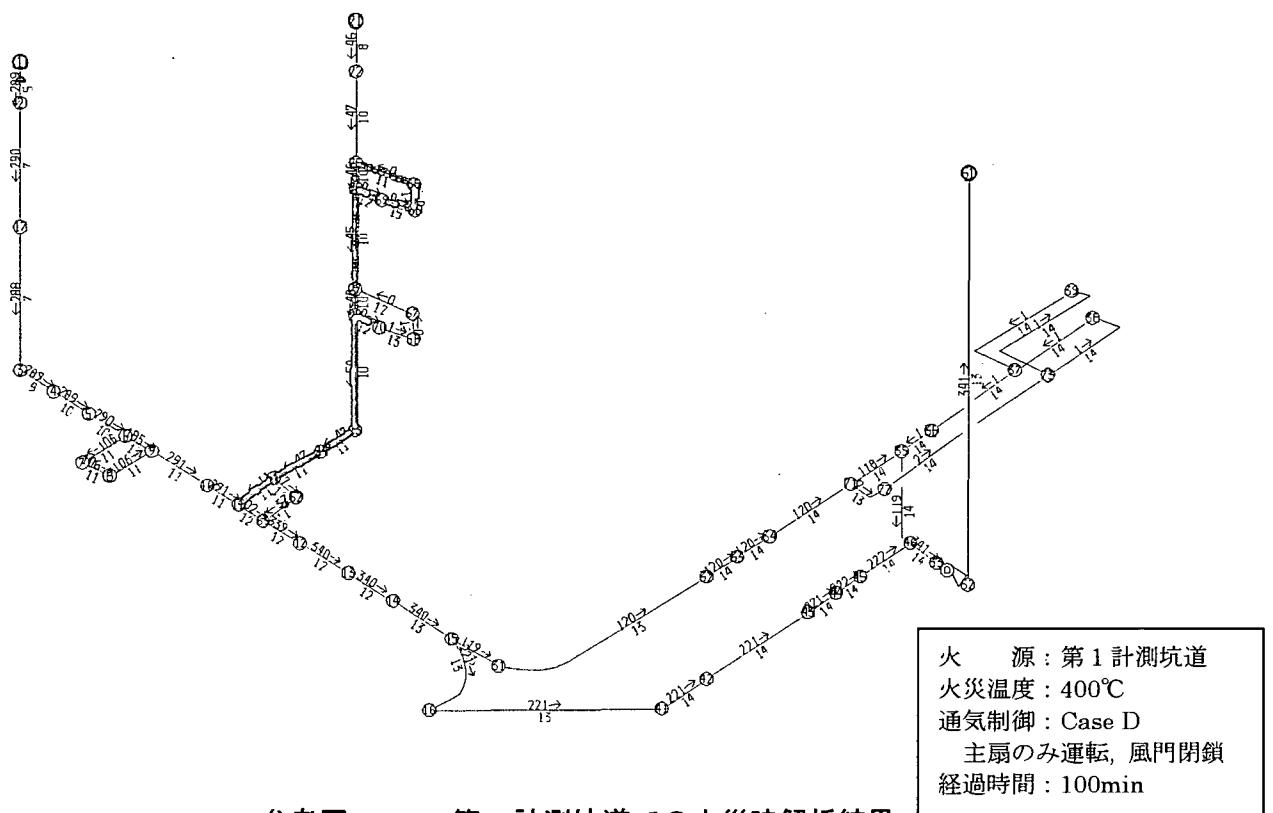


参考図 1・9 第 1 計測坑道での火災時解析結果

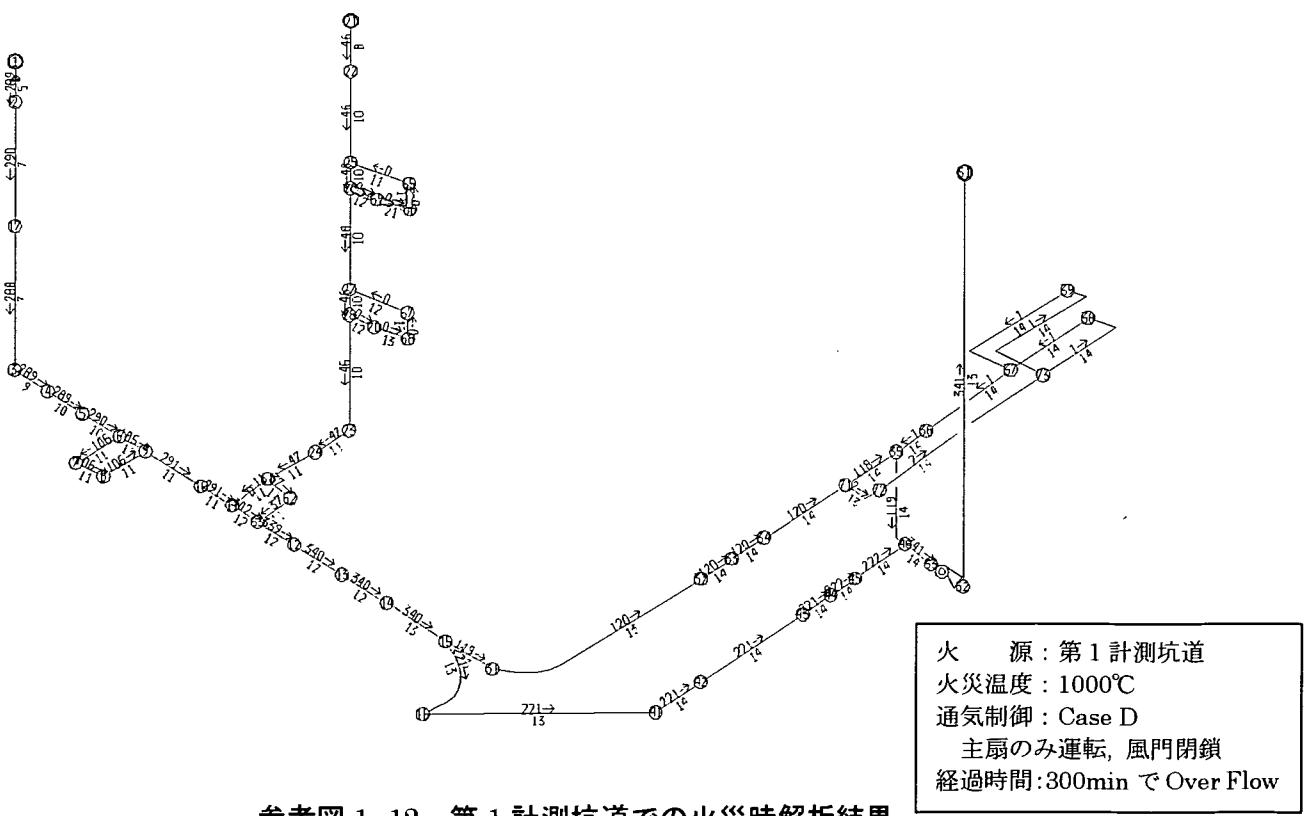


参考図 1・10 第 1 計測坑道での火災時解析結果

參考資料 1

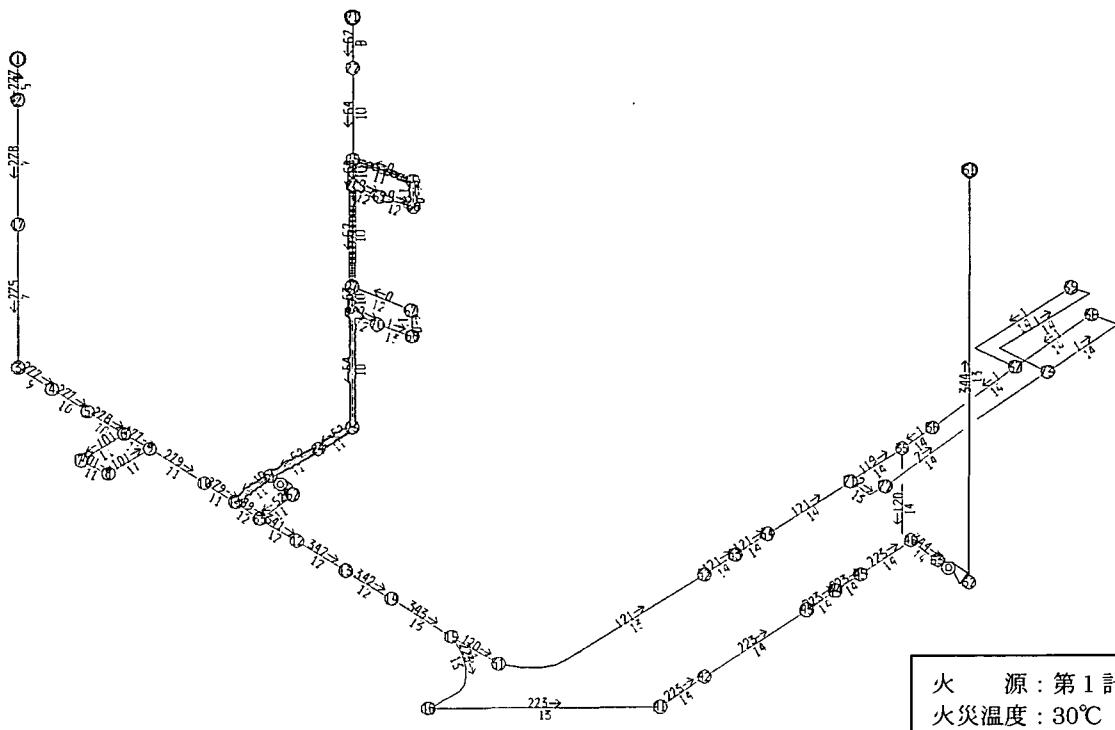


参考図 1-11 第 1 計測坑道での火災時解析結果

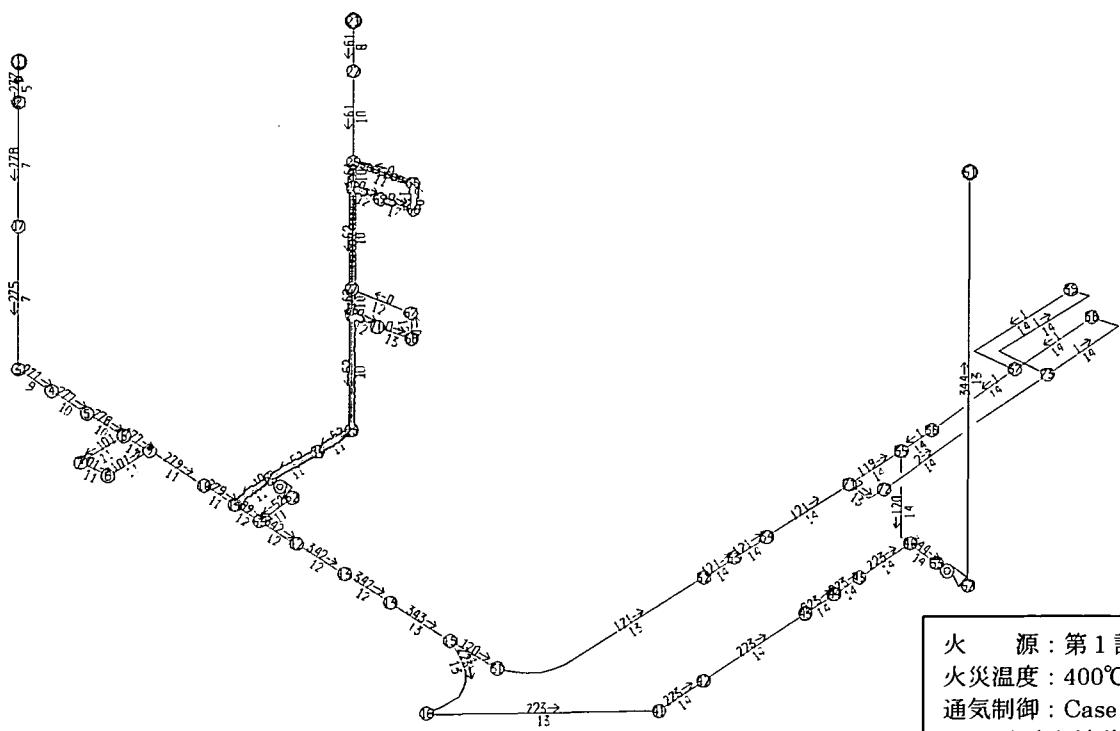


参考図 1-12 第 1 計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1

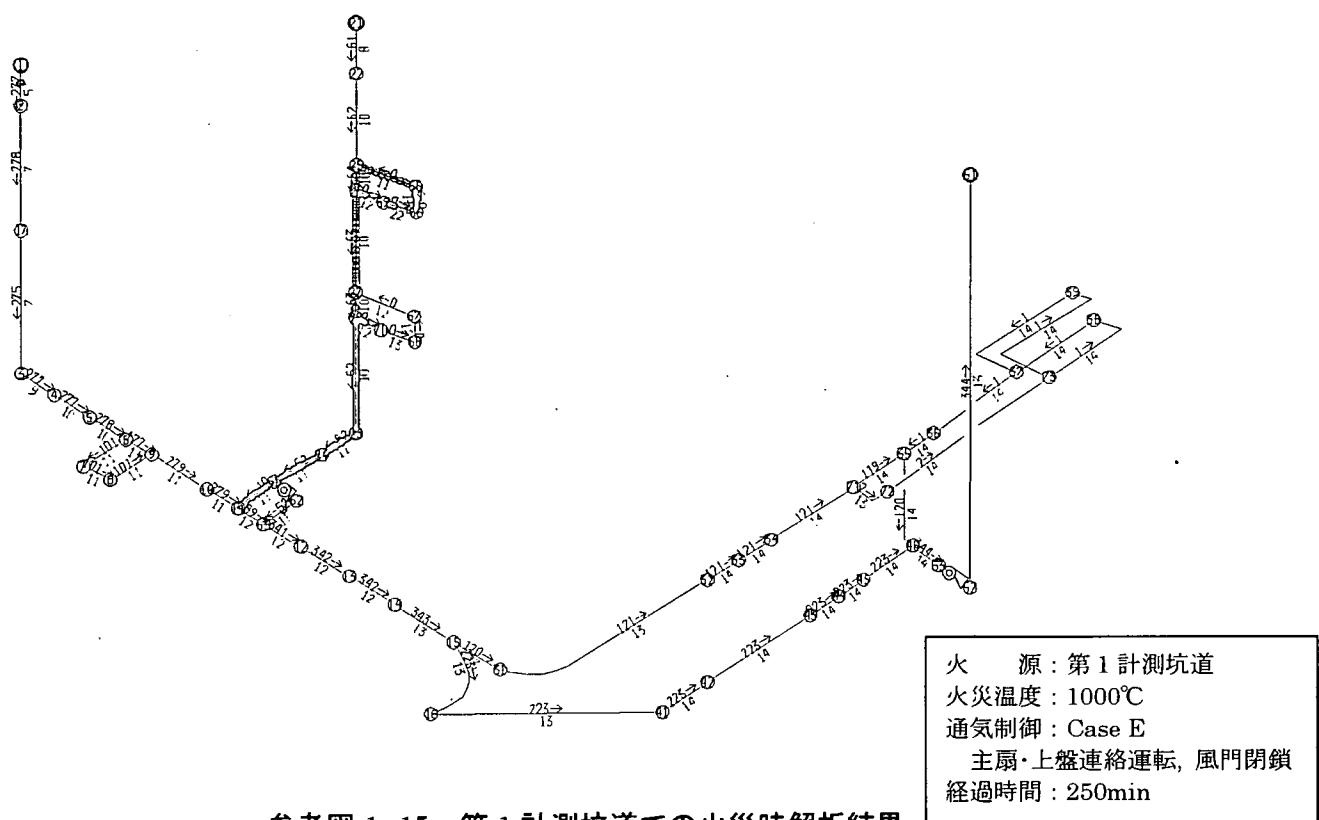


参考図 1・13 第 1 計測坑道での火災時解析結果



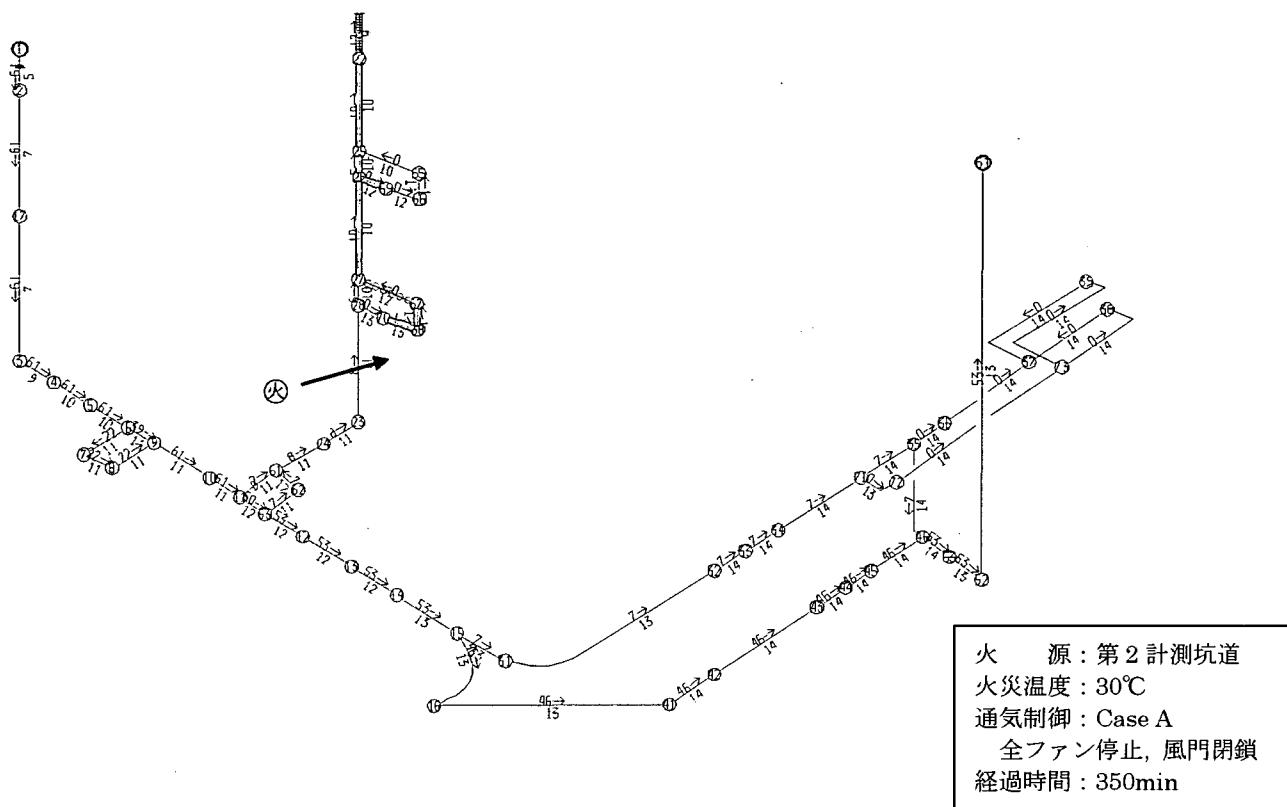
参考図 1・14 第 1 計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1

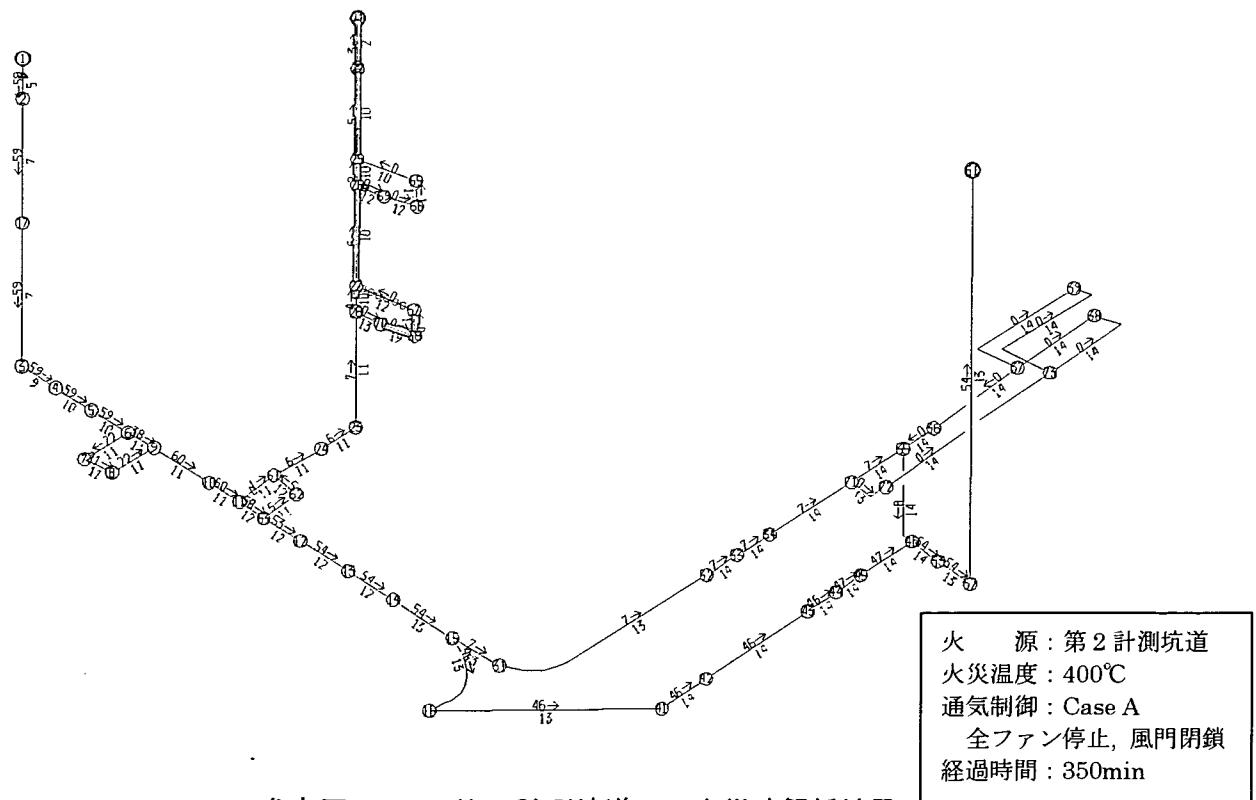


参考図 1-15 第1計測坑道での火災時解析結果

參考資料 1

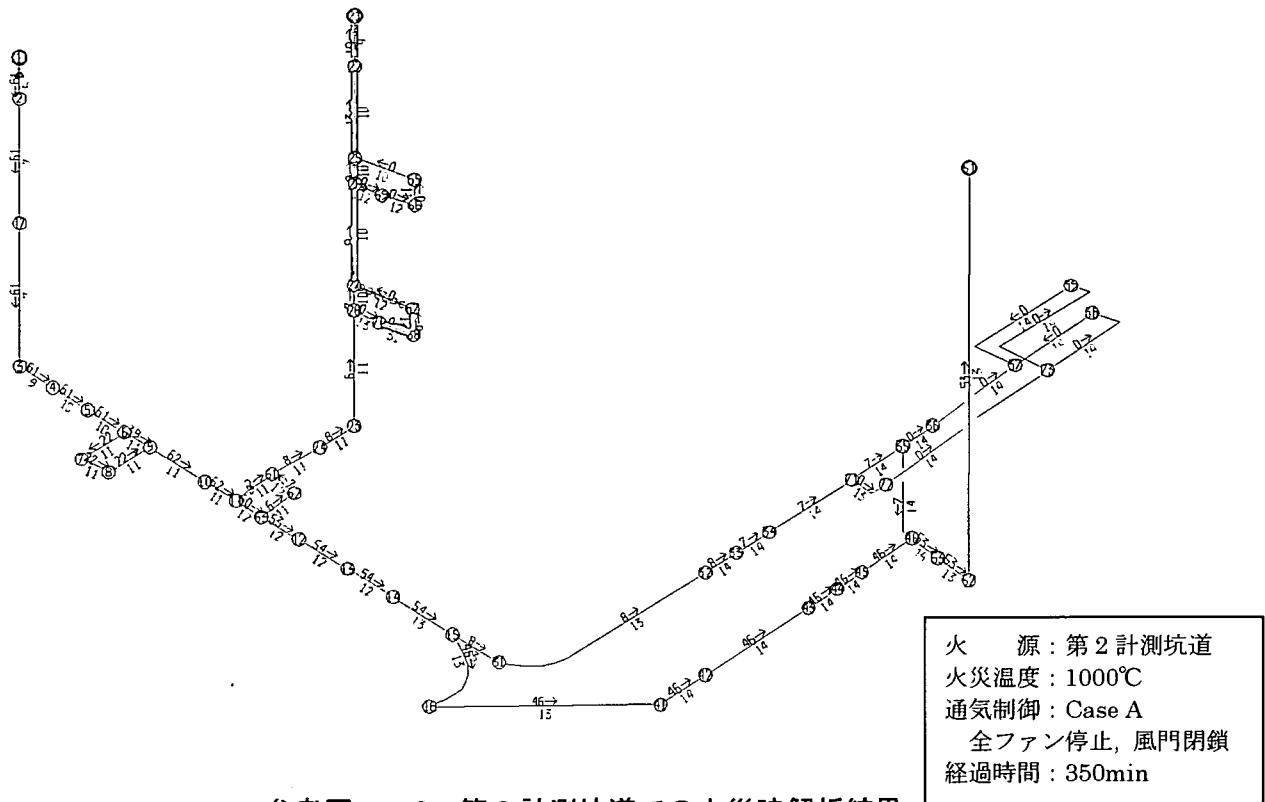


参考図 1-16 第2計測坑道での火災時解析結果

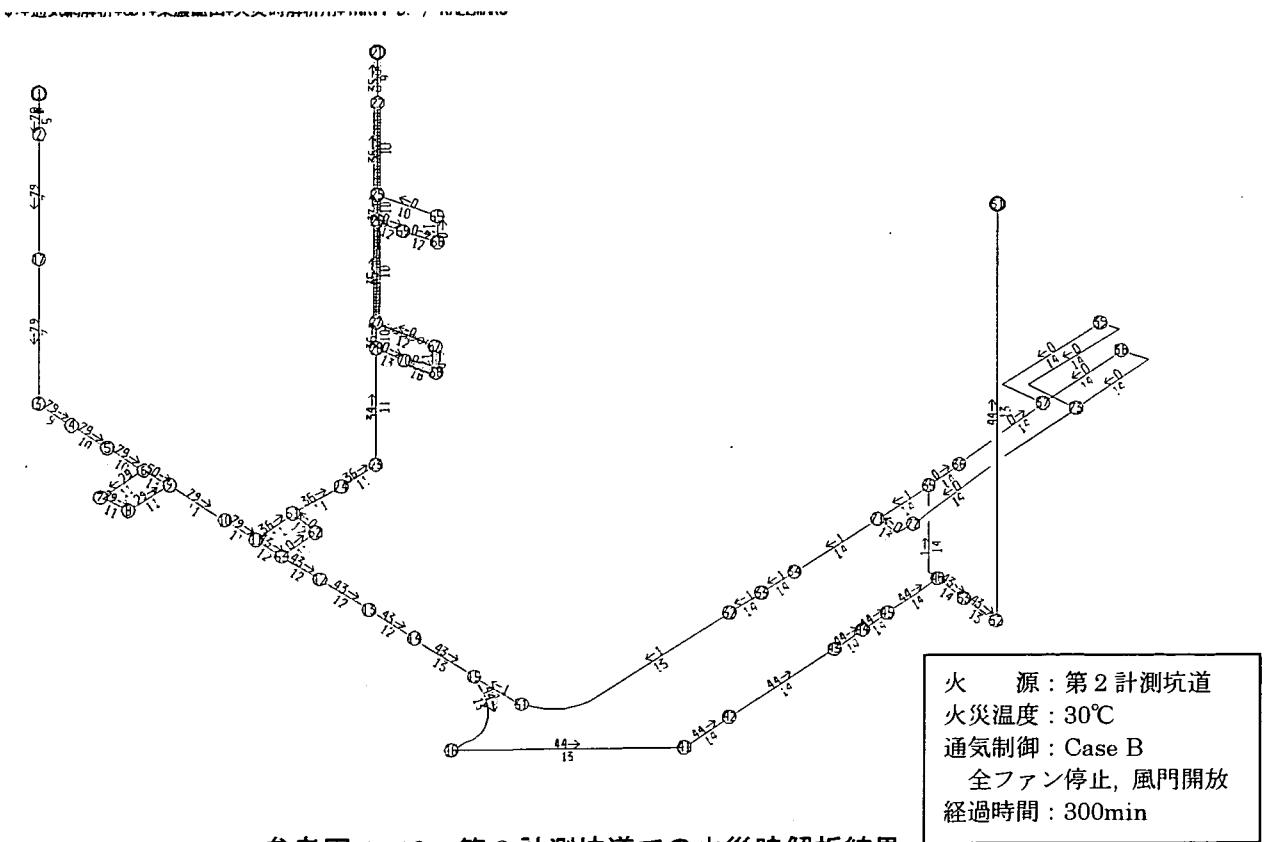


参考図 1-17 第 2 計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1



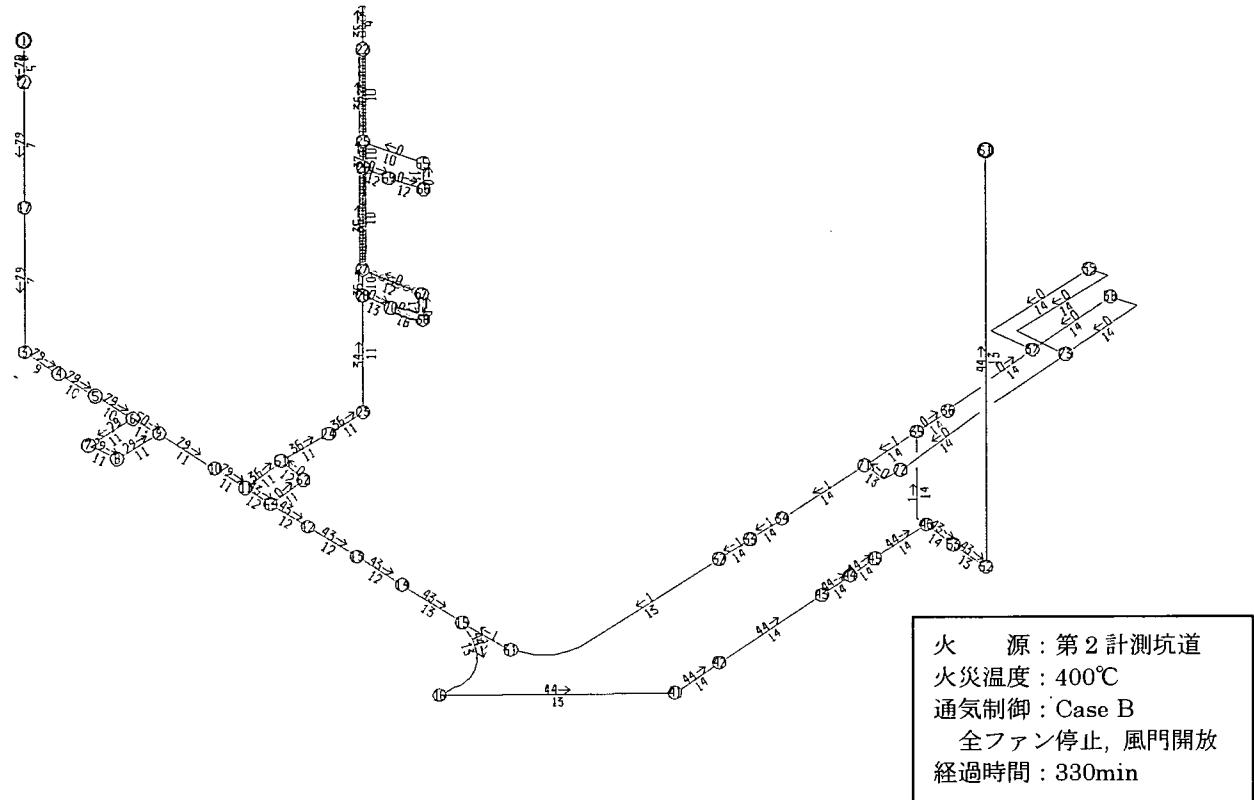
参考図 1・18 第2計測坑道での火災時解析結果



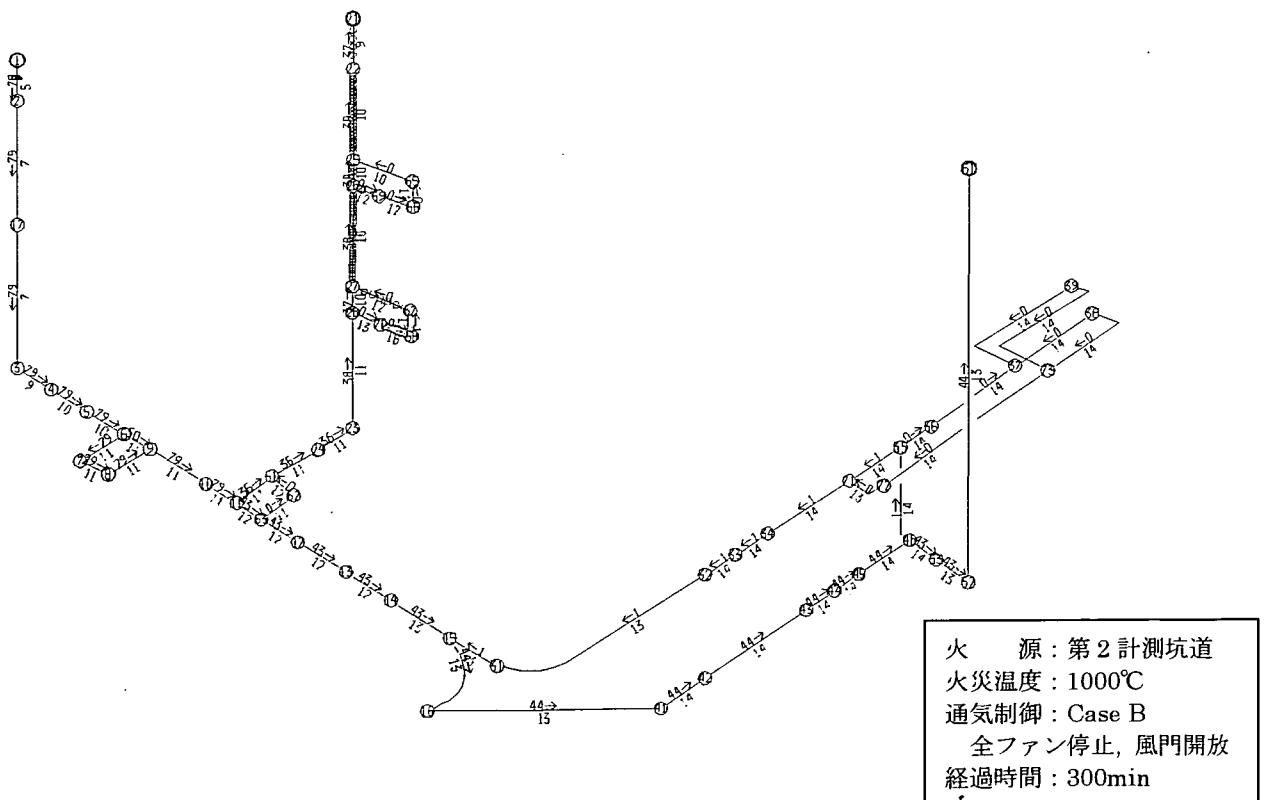
参考図 1・19 第2計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1

火災時解析用試験坑道 / KAZEMARU

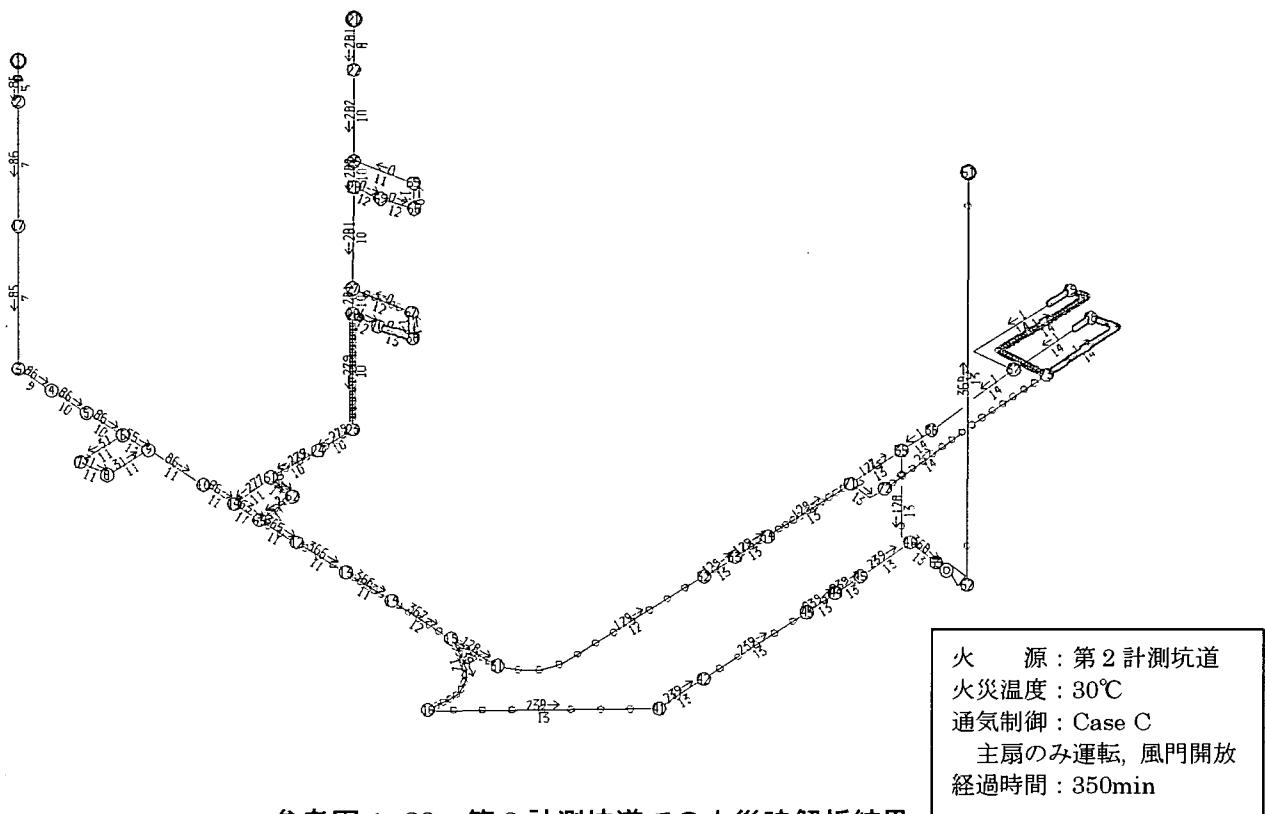


参考図 1-20 第 2 計測坑道での火災時解析結果

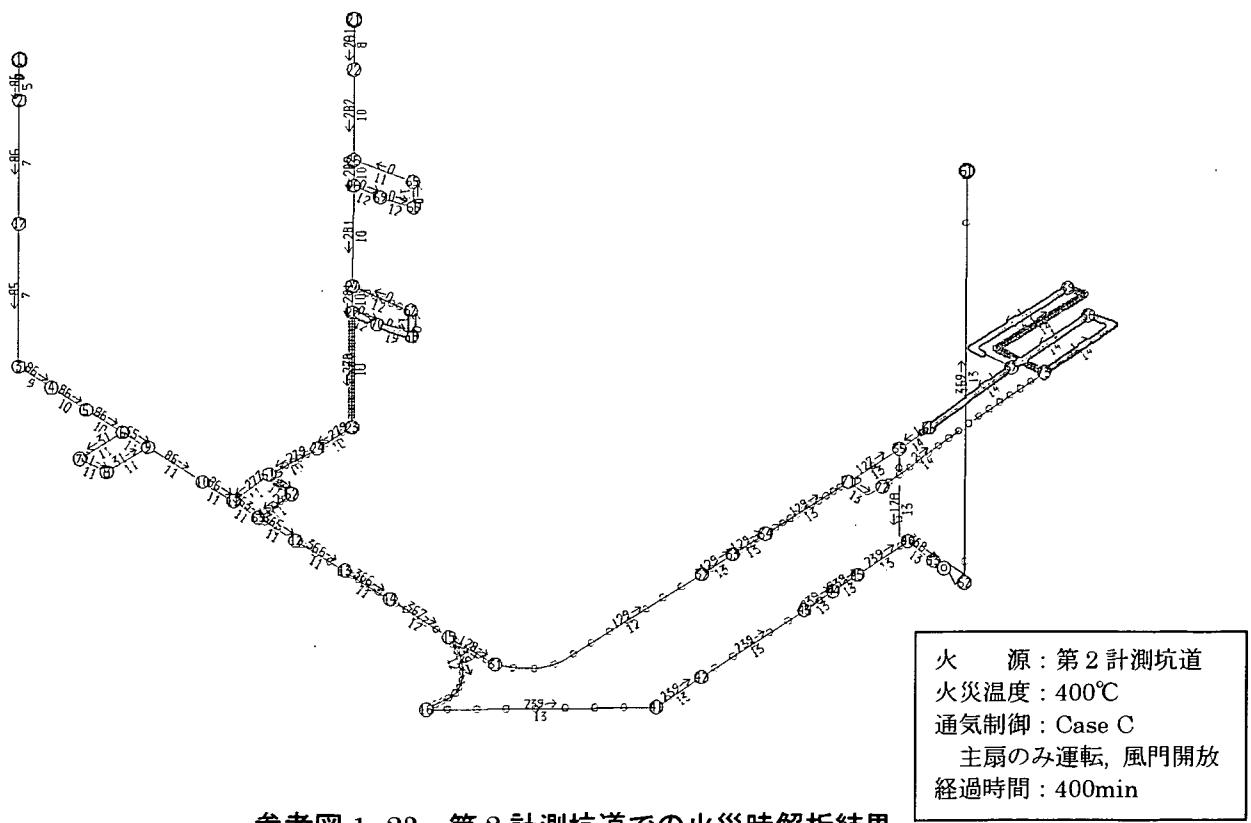


参考図 1-21 第 2 計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1

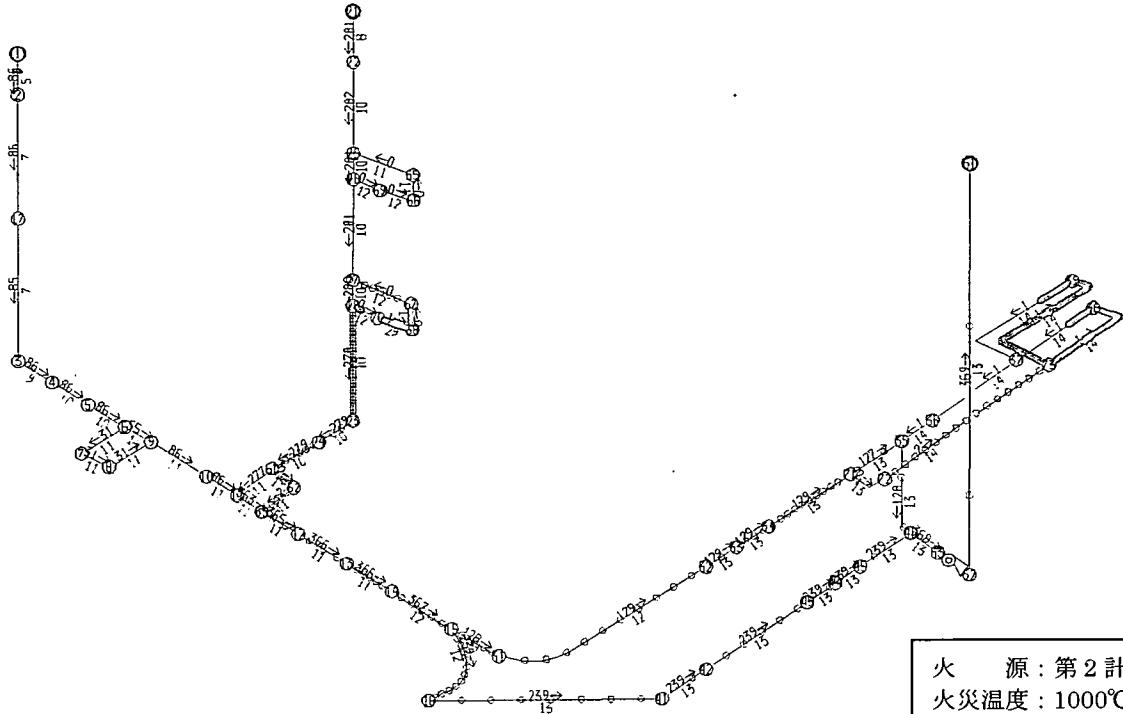


参考図 1-22 第 2 計測坑道での火災時解析結果

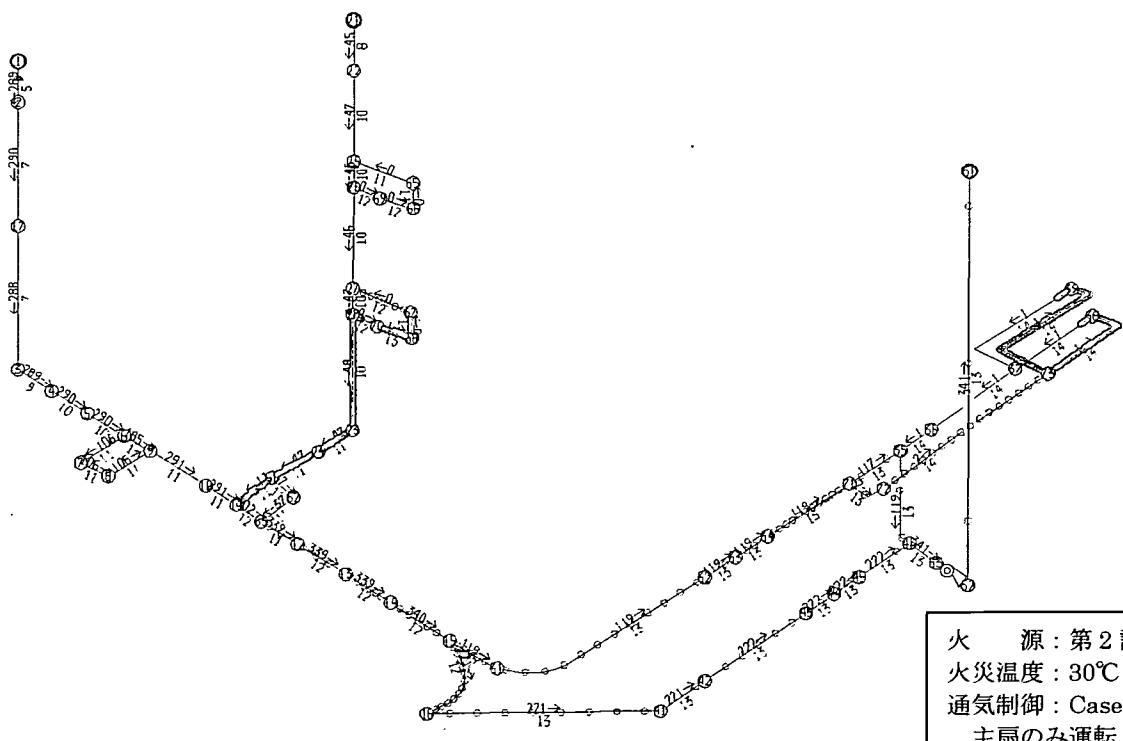


参考図 1-23 第 2 計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1

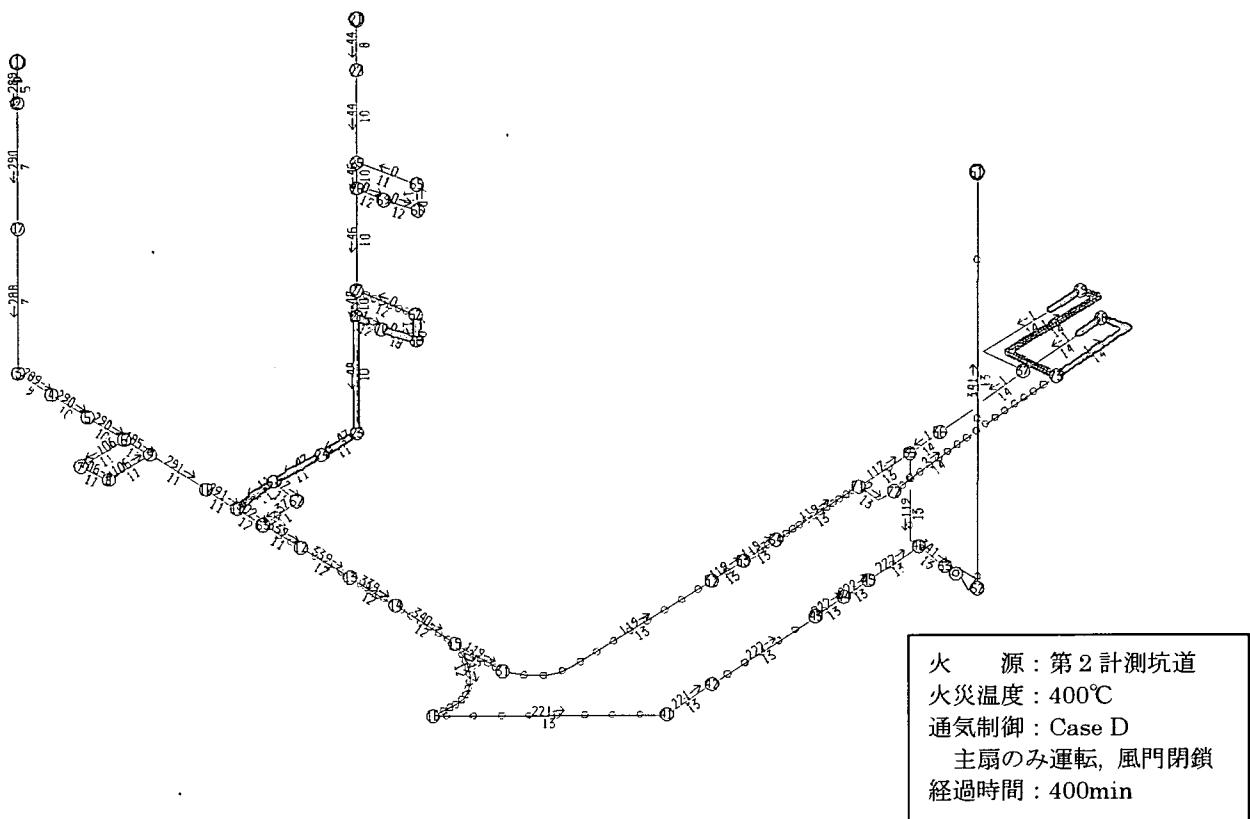


参考図 1・24 第 2 計測坑道での火災時解析結果

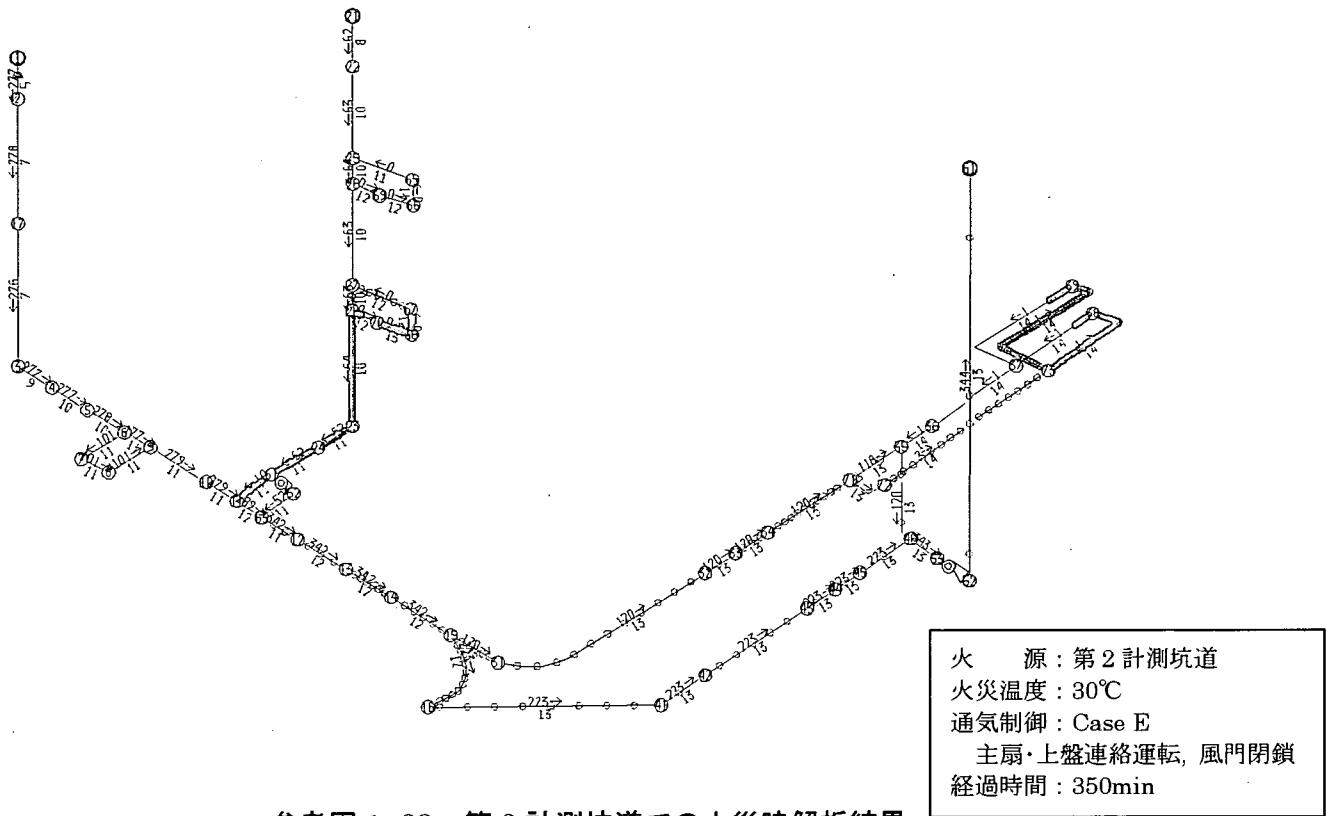


参考図 1・25 第 2 計測坑道での火災時解析結果

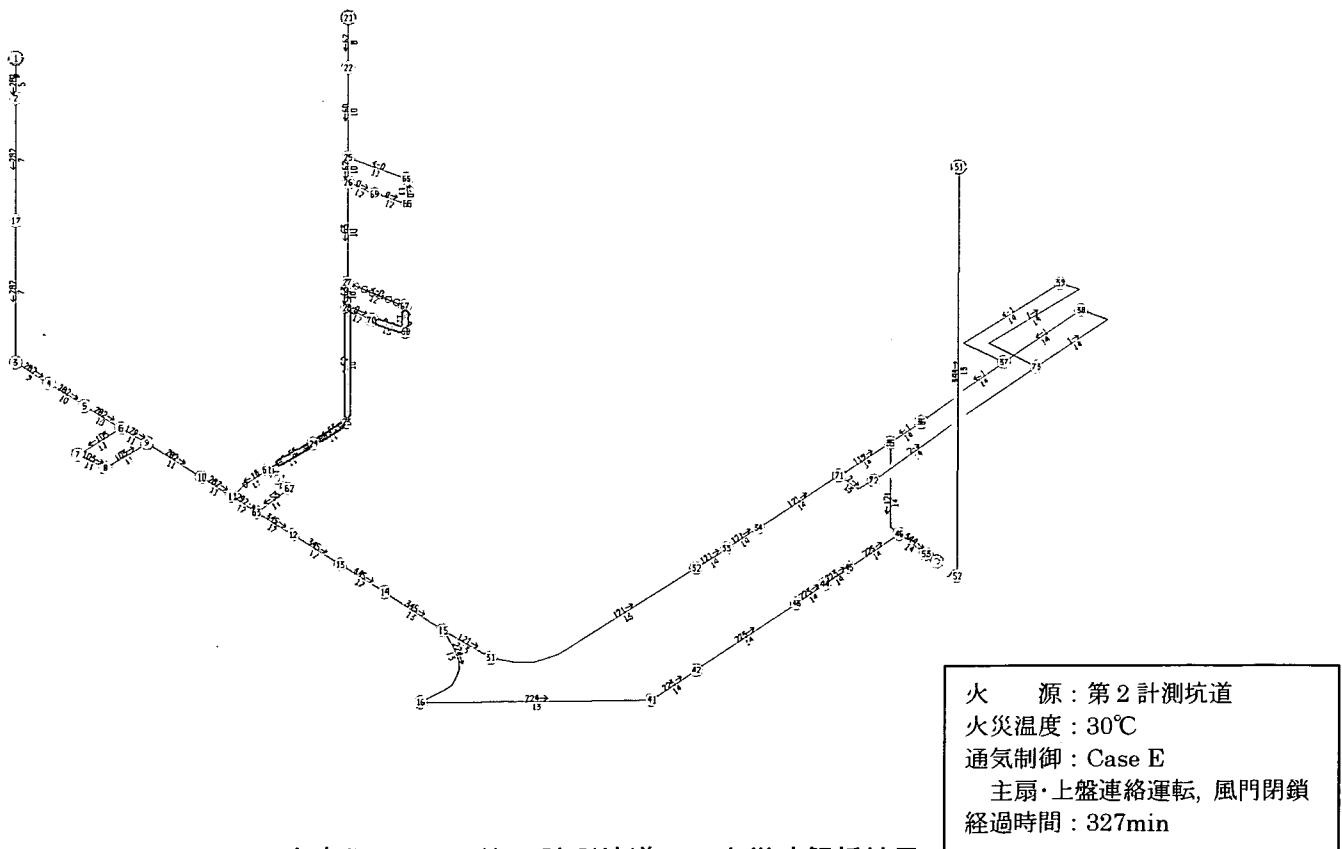
参考資料1



參考資料 1

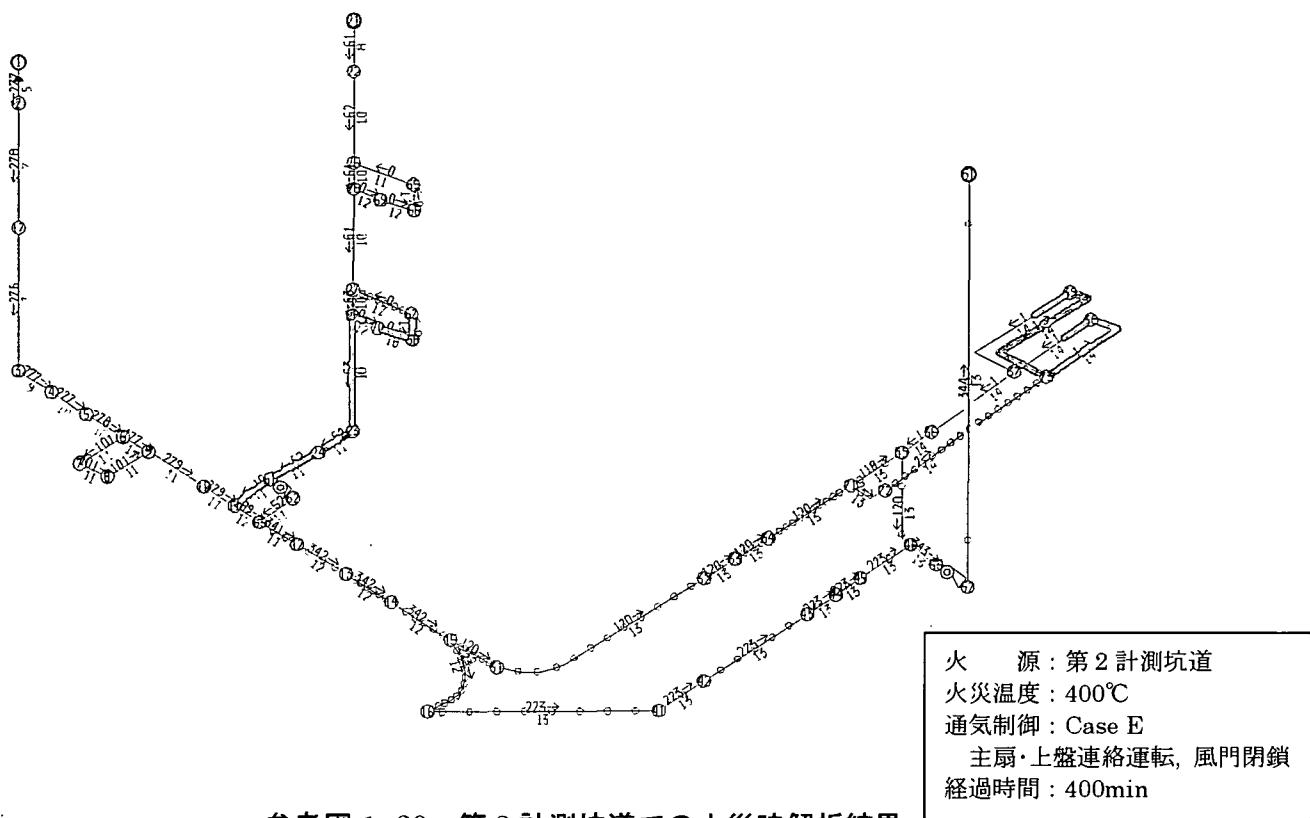


参考図 1-28 第 2 計測坑道での火災時解析結果

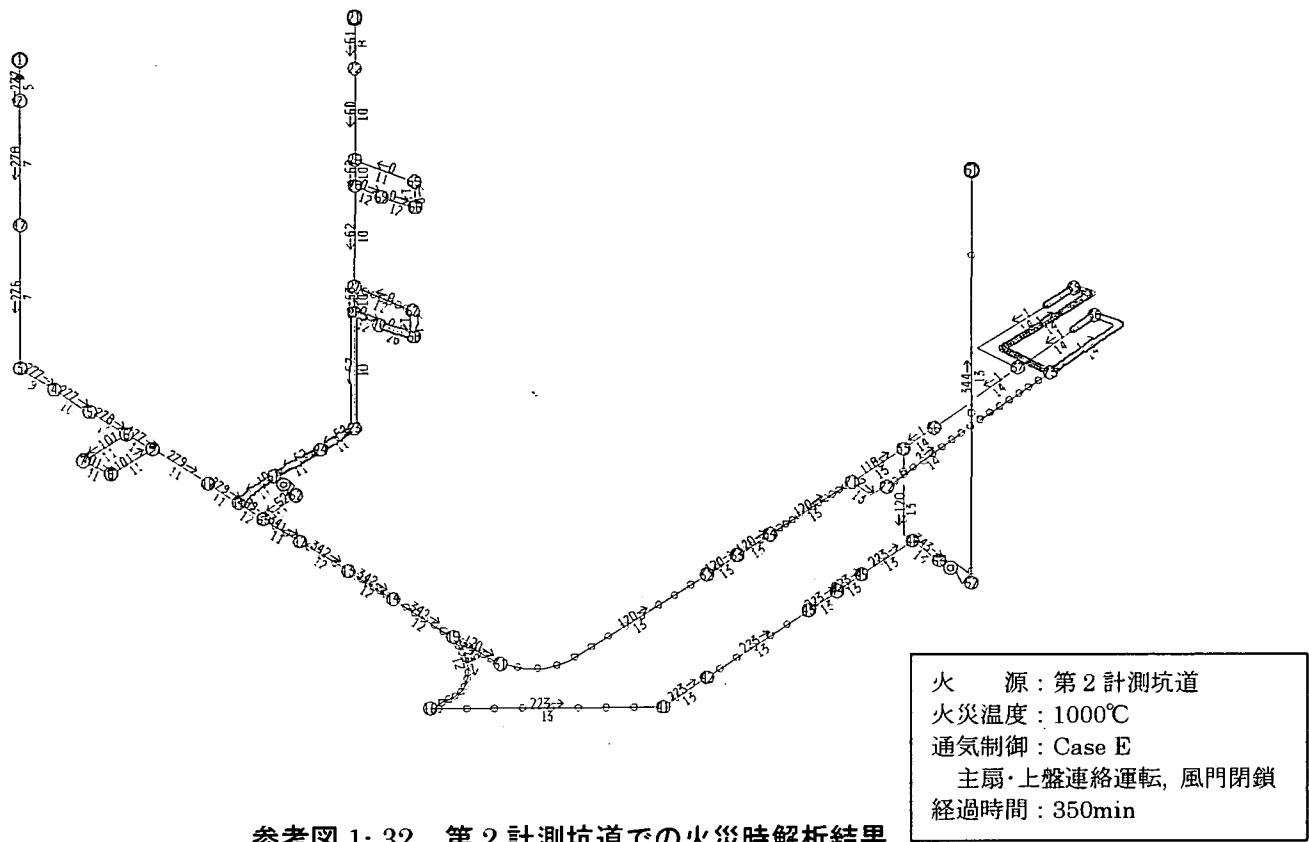


参考図 1・29 第 2 計測坑道での火災時解析結果

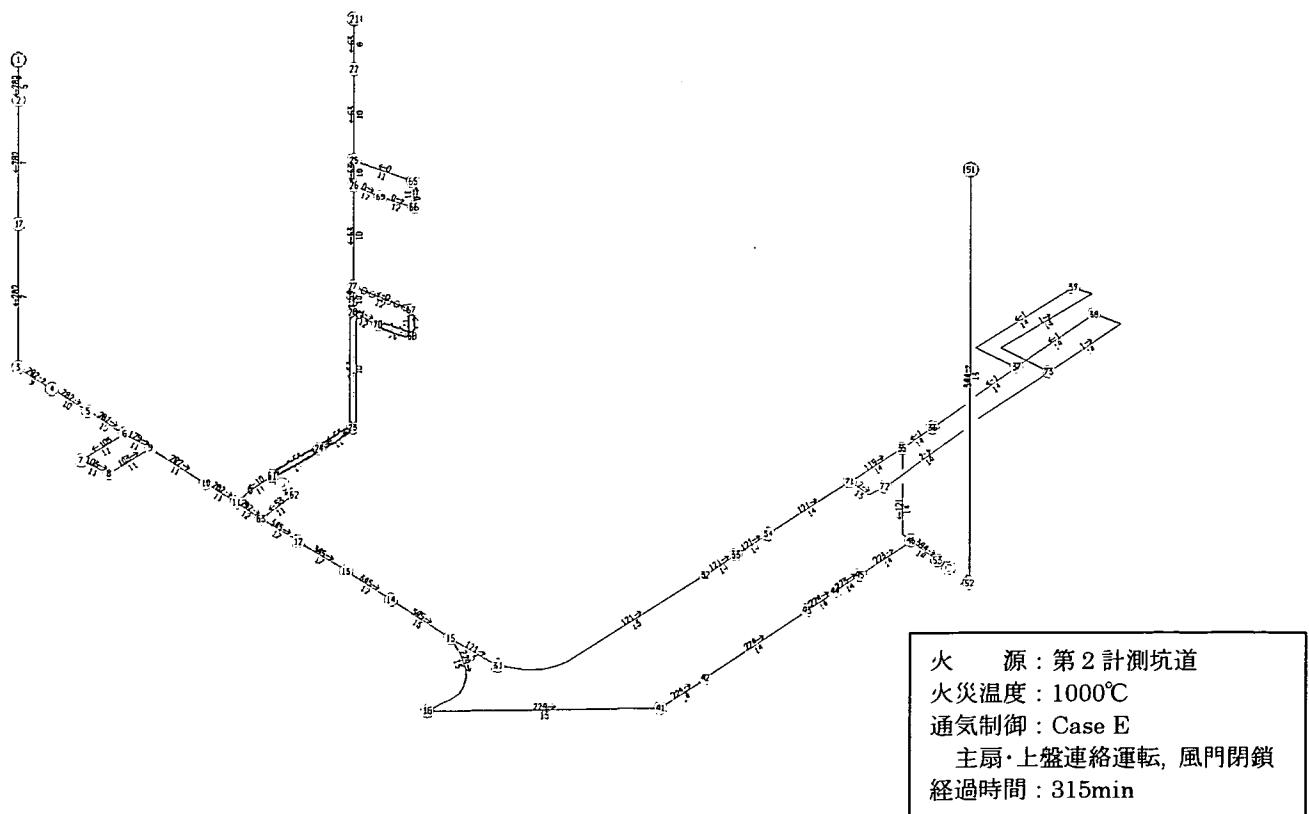
参考資料 1



参考資料 1



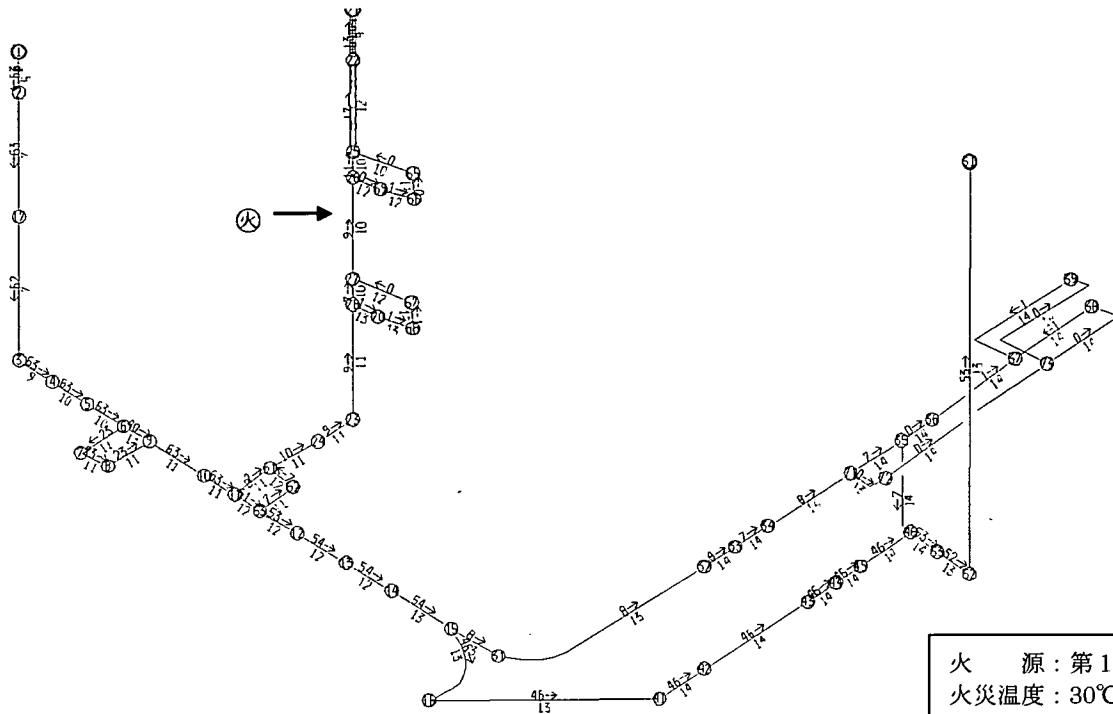
参考図 1-32 第 2 計測坑道での火災時解析結果



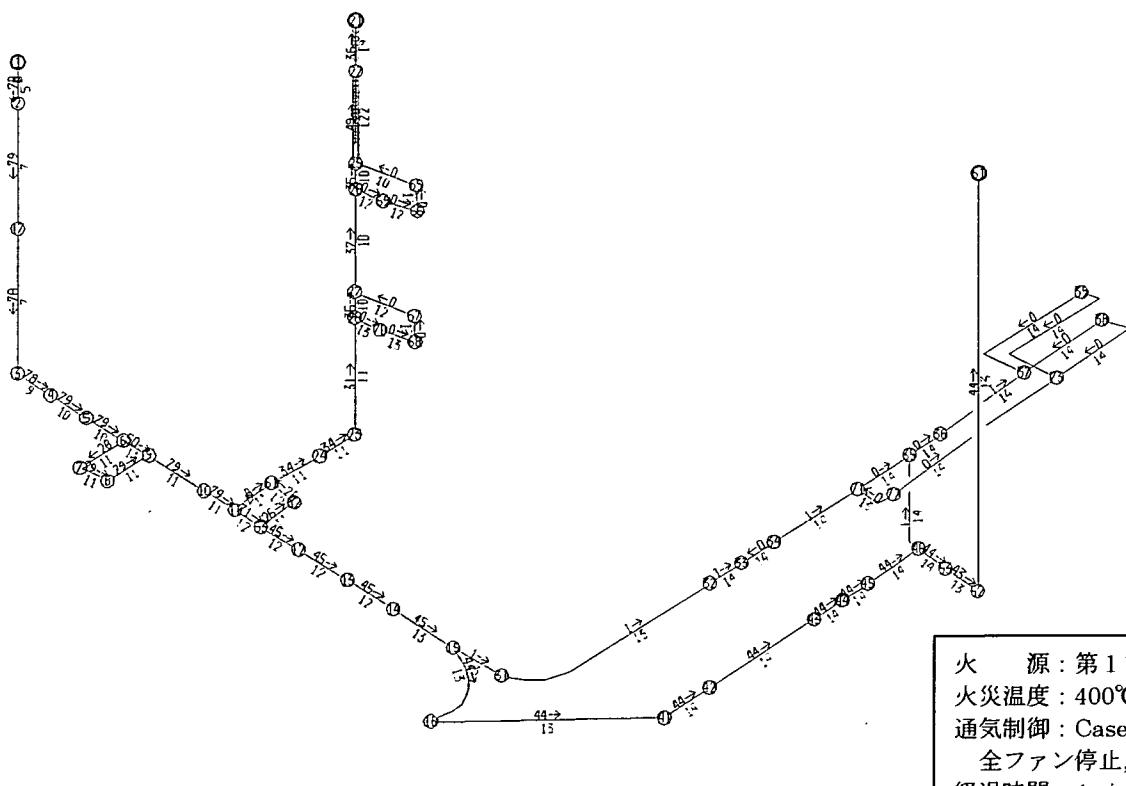
参考図 1-33 第 2 計測坑道での火災時解析結果

参考資料 1

©: 通気網解析ツール東洋山火災時解析用YTNK11-A. / KAZEMARU

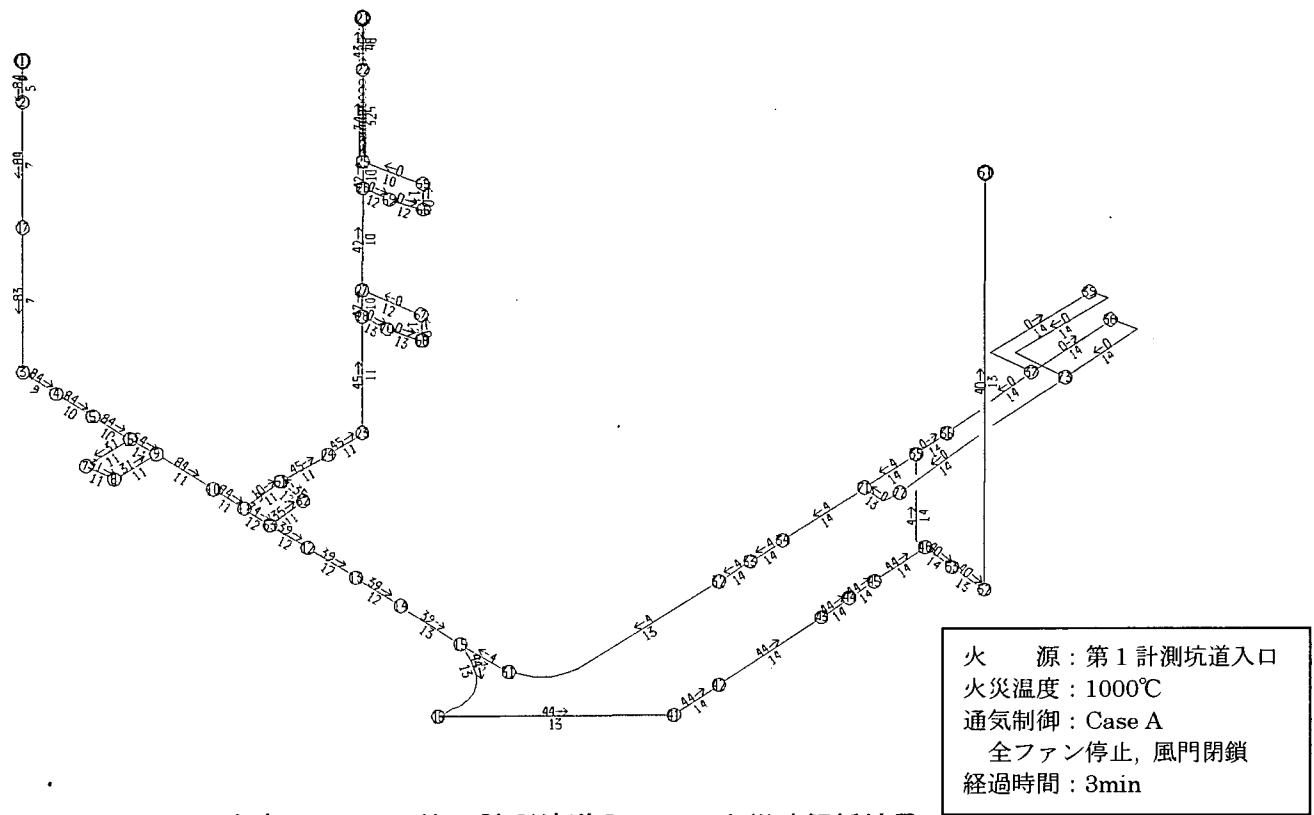


参考図 1-34 第1計測坑道入口での火災時解析結果

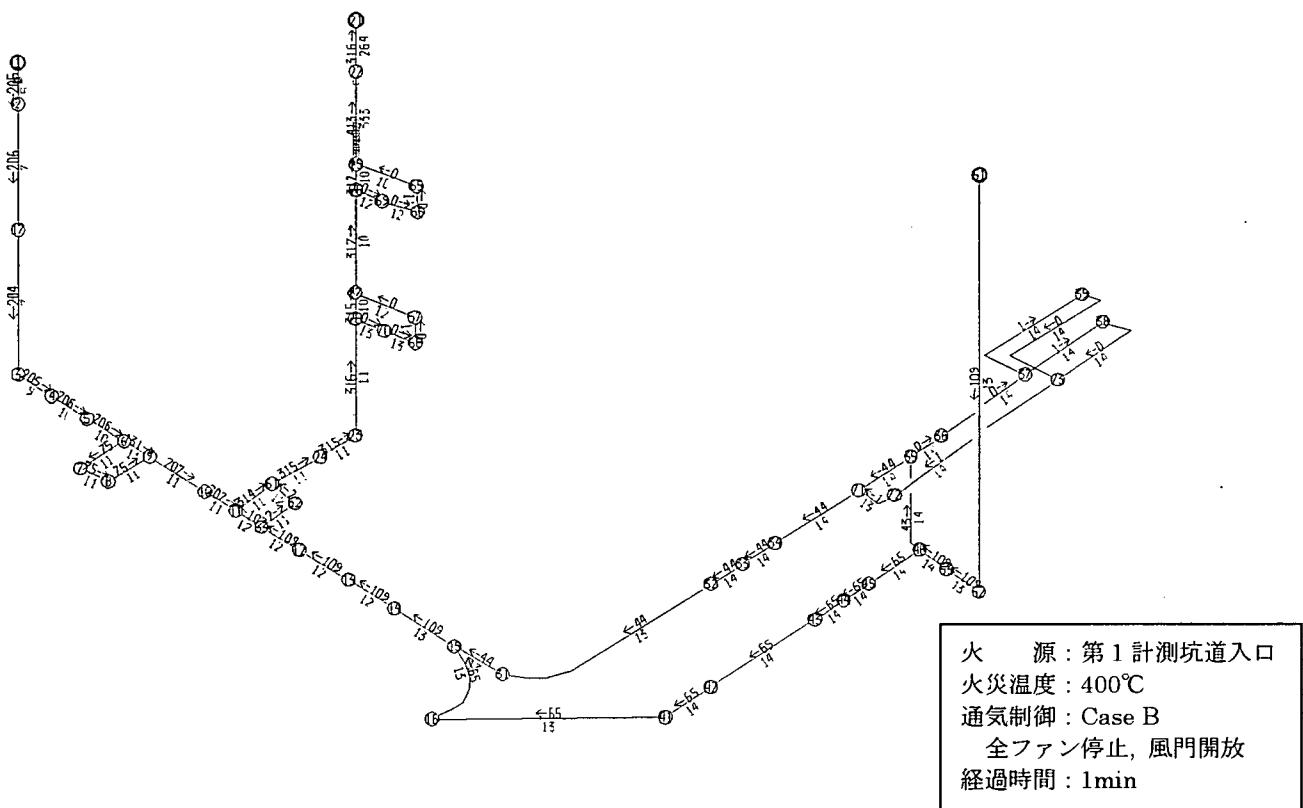


参考図 1-35 第1計測坑道入口での火災時解析結果

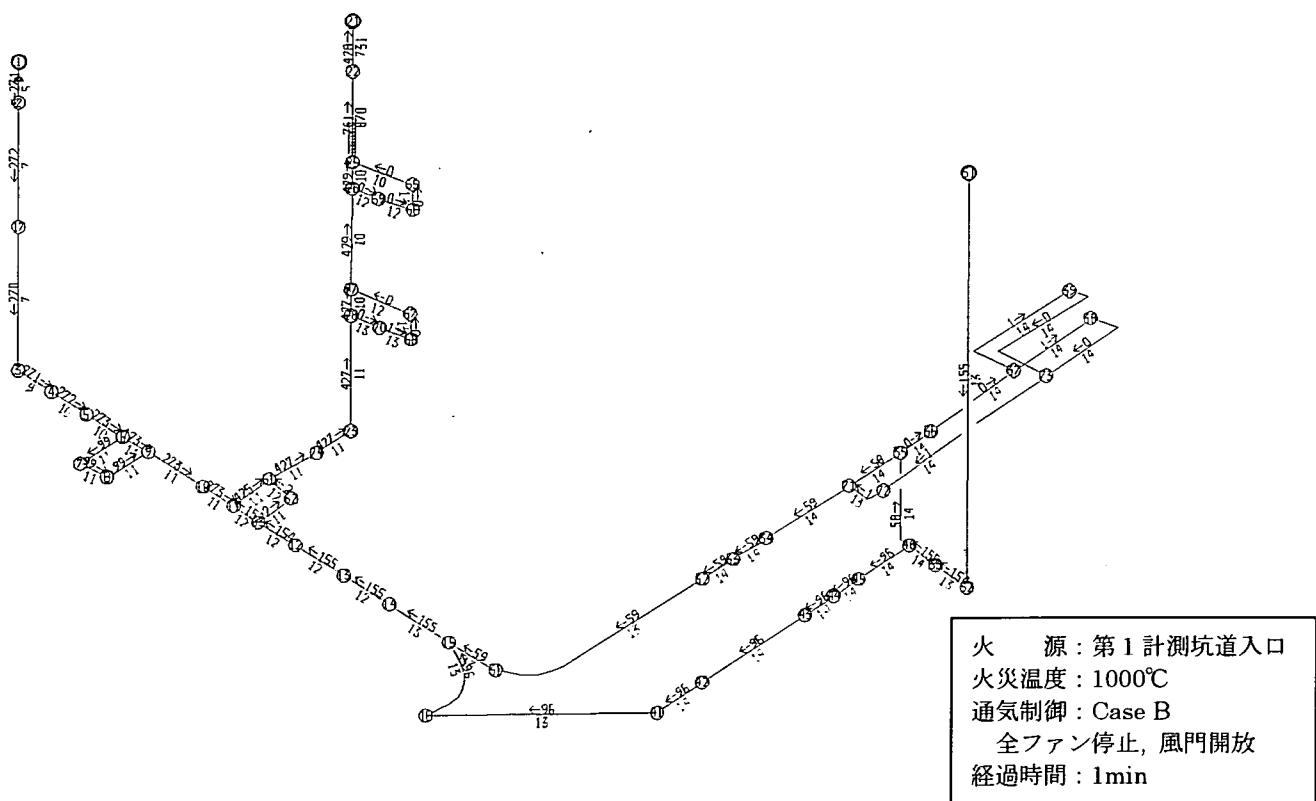
参考資料 1



参考資料 1

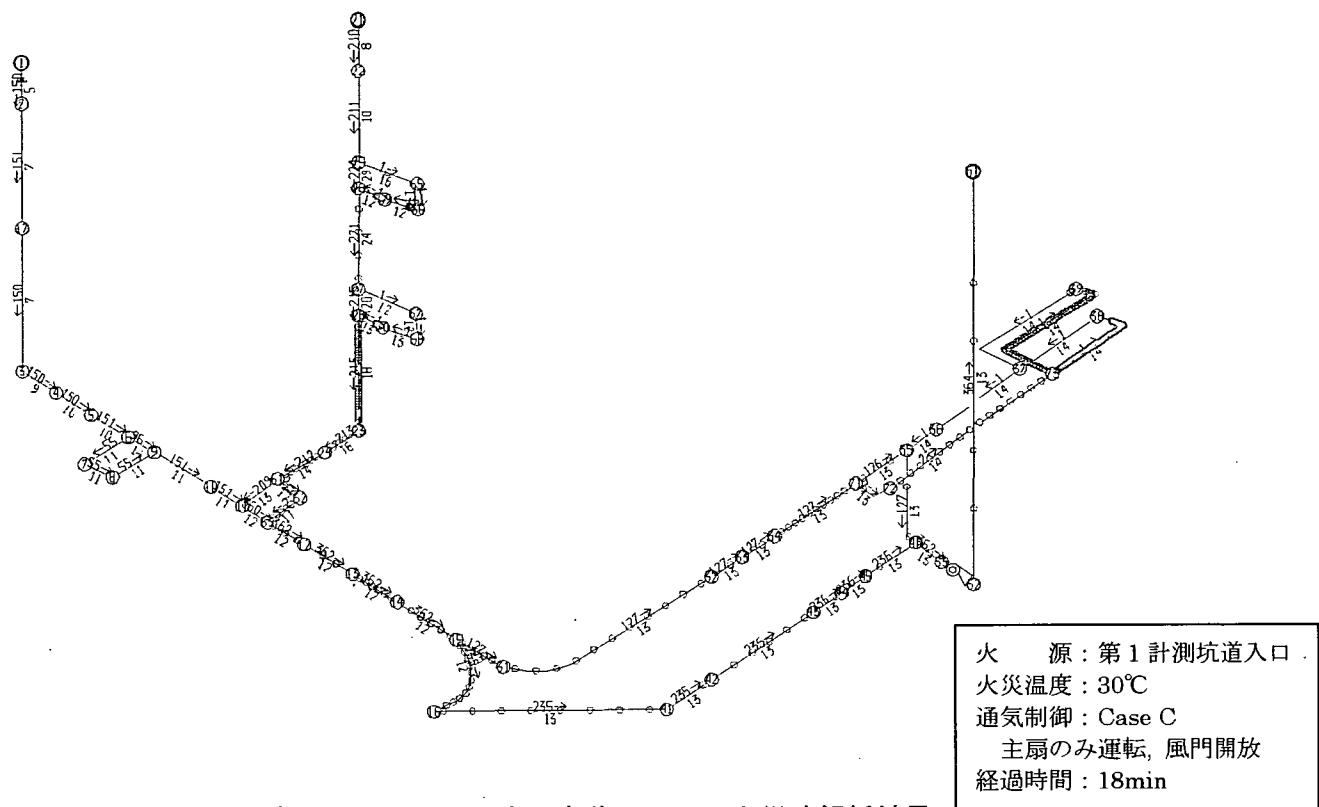


参考図 1・38 第1計測坑道入口での火災時解析結果

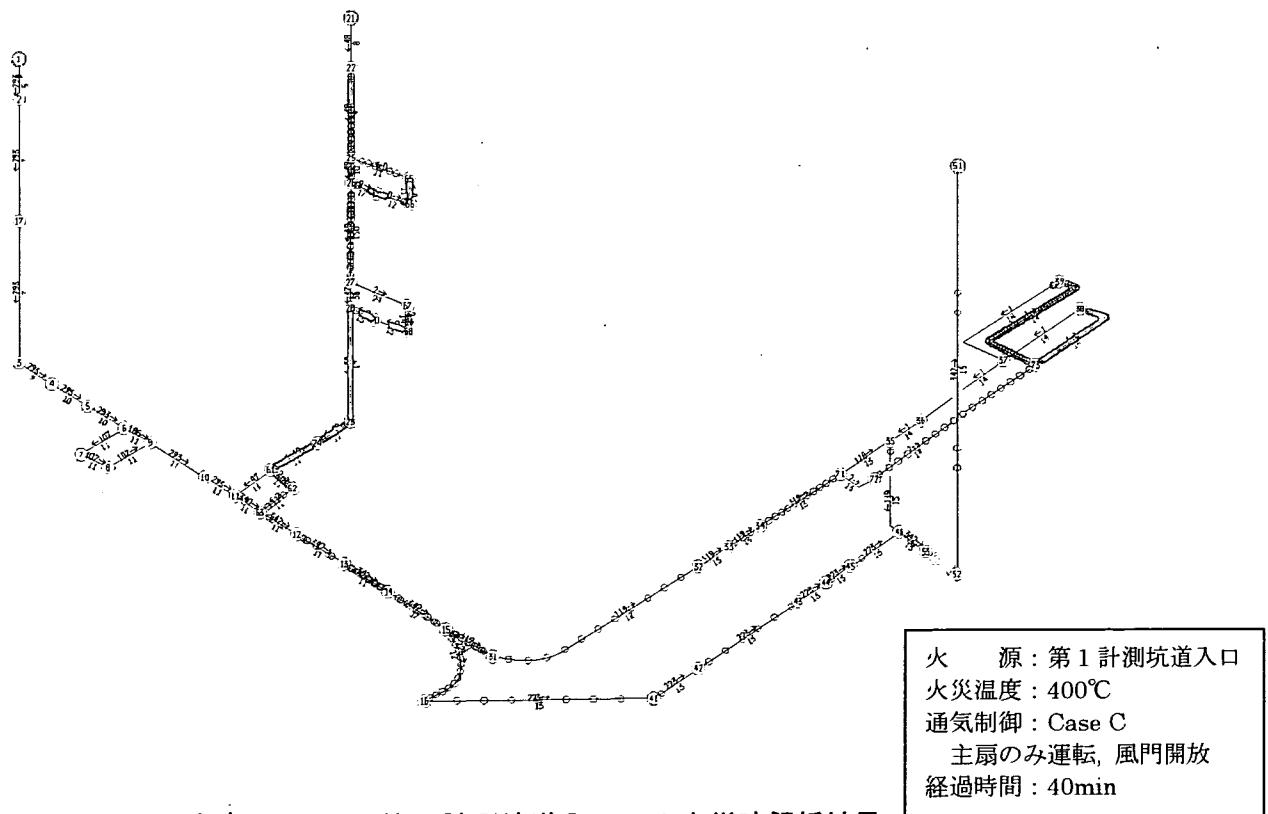


参考図 1・39 第1計測坑道入口での火災時解析結果

參考資料 1

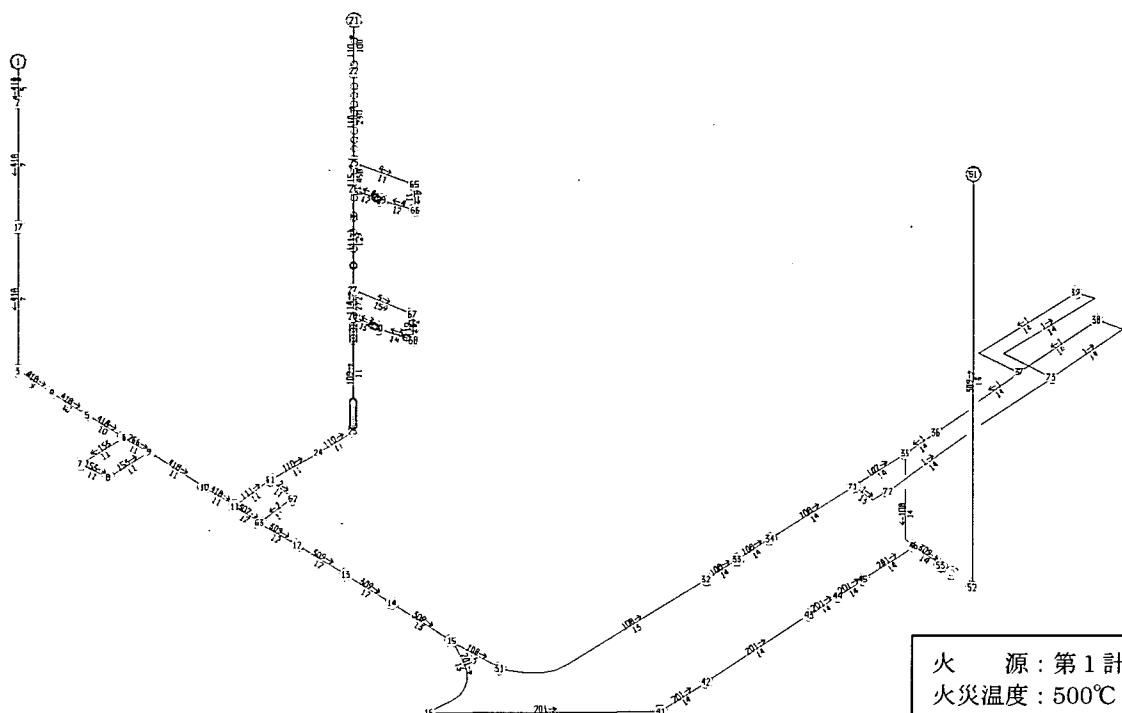


参考図 1・40 第 1 計測坑道入口での火災時解析結果

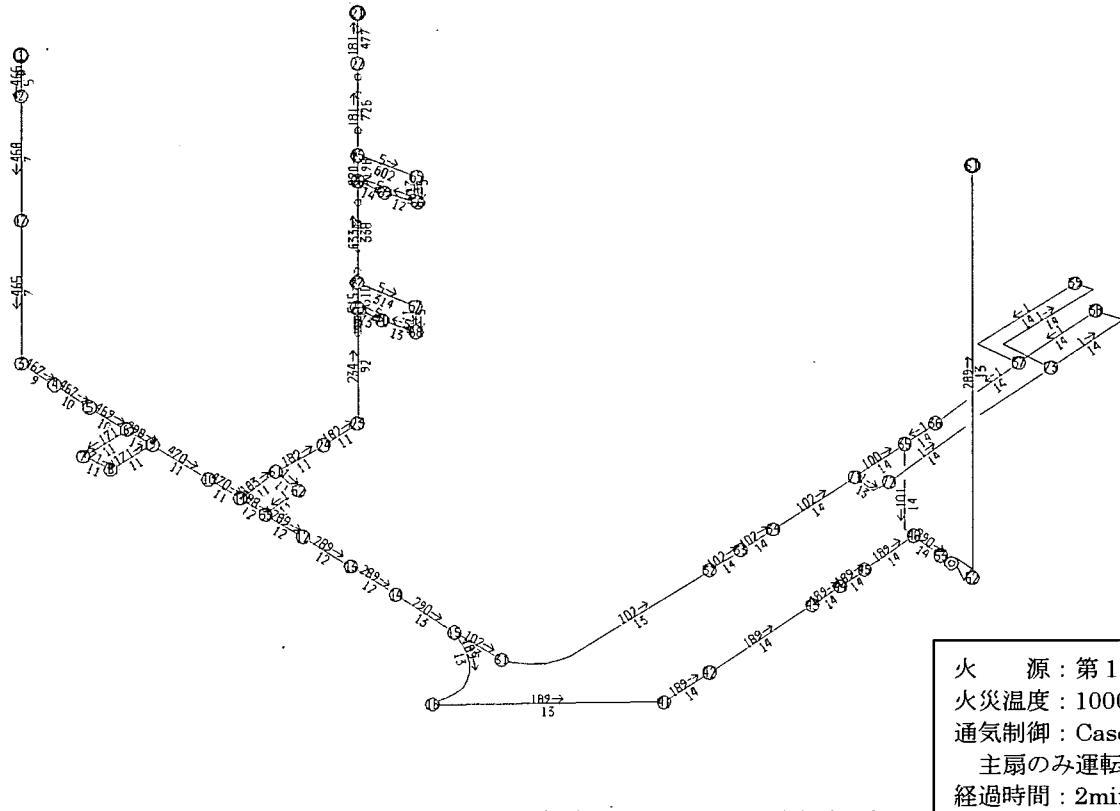


参考図 1・41 第 1 計測坑道入口での火災時解析結果

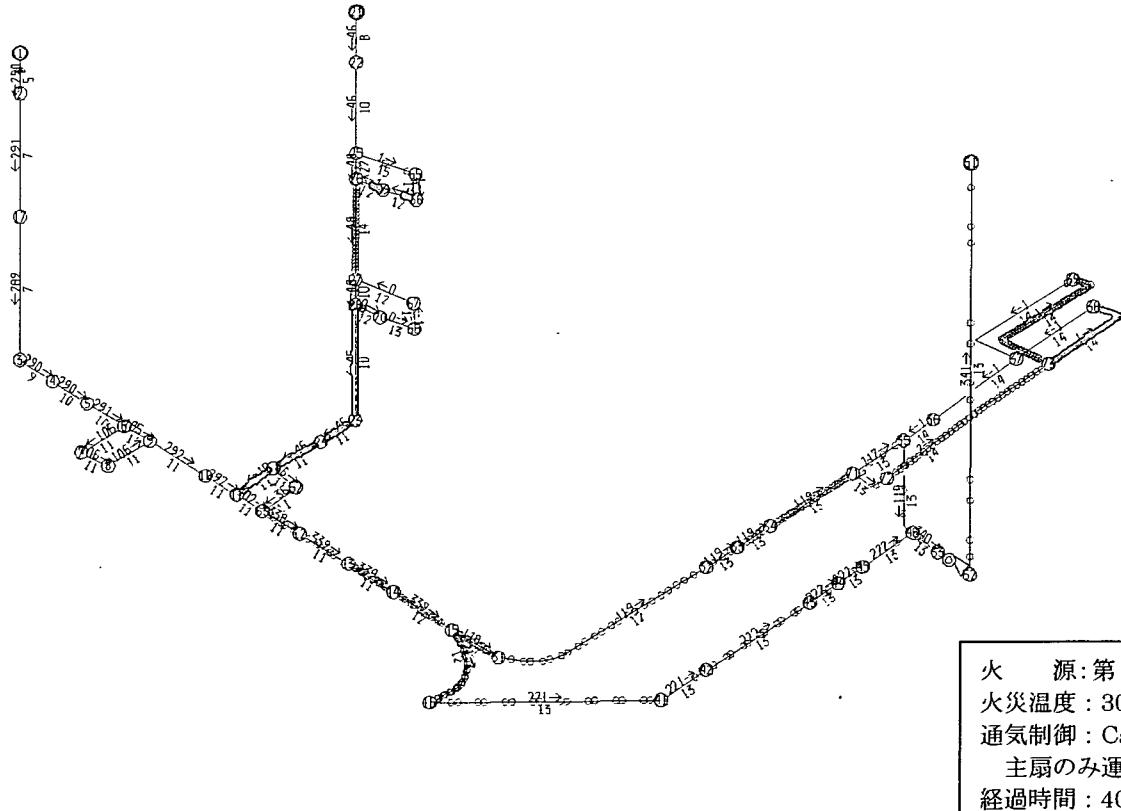
参考資料 1



参考資料 1

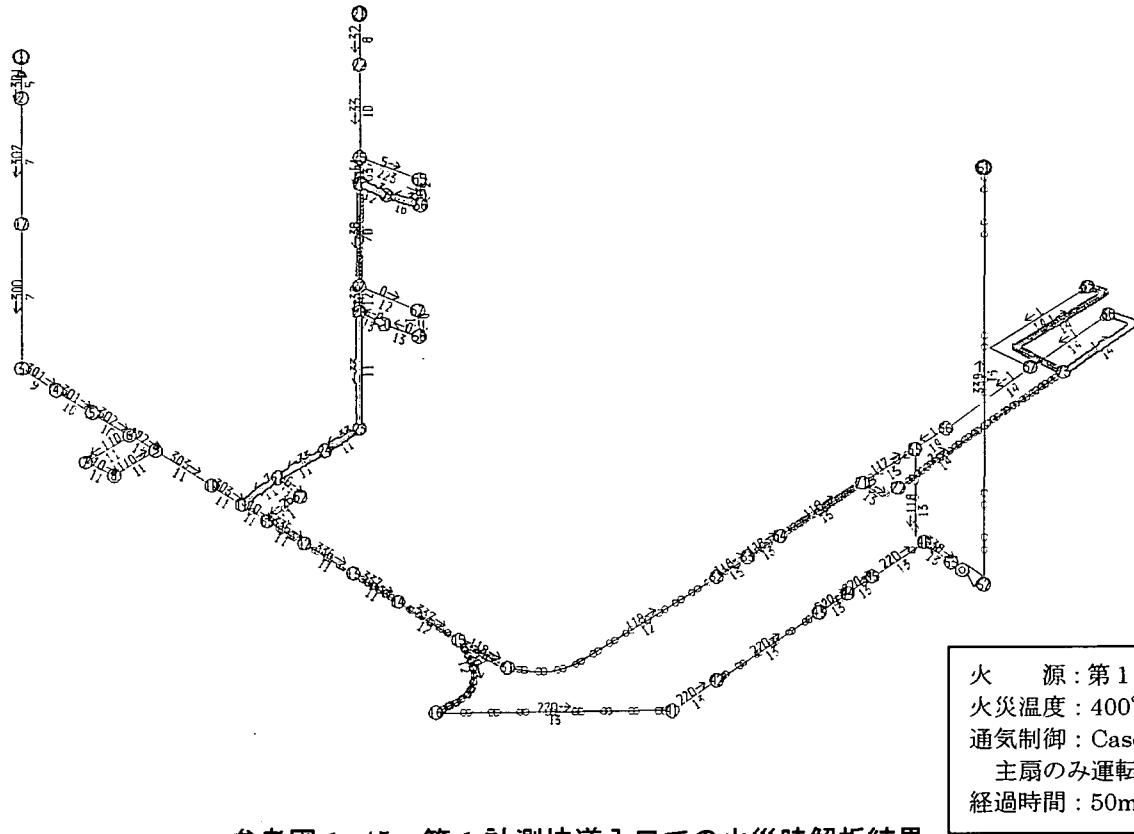


参考図 1・43 第1計測坑道入口での火災時解析結果

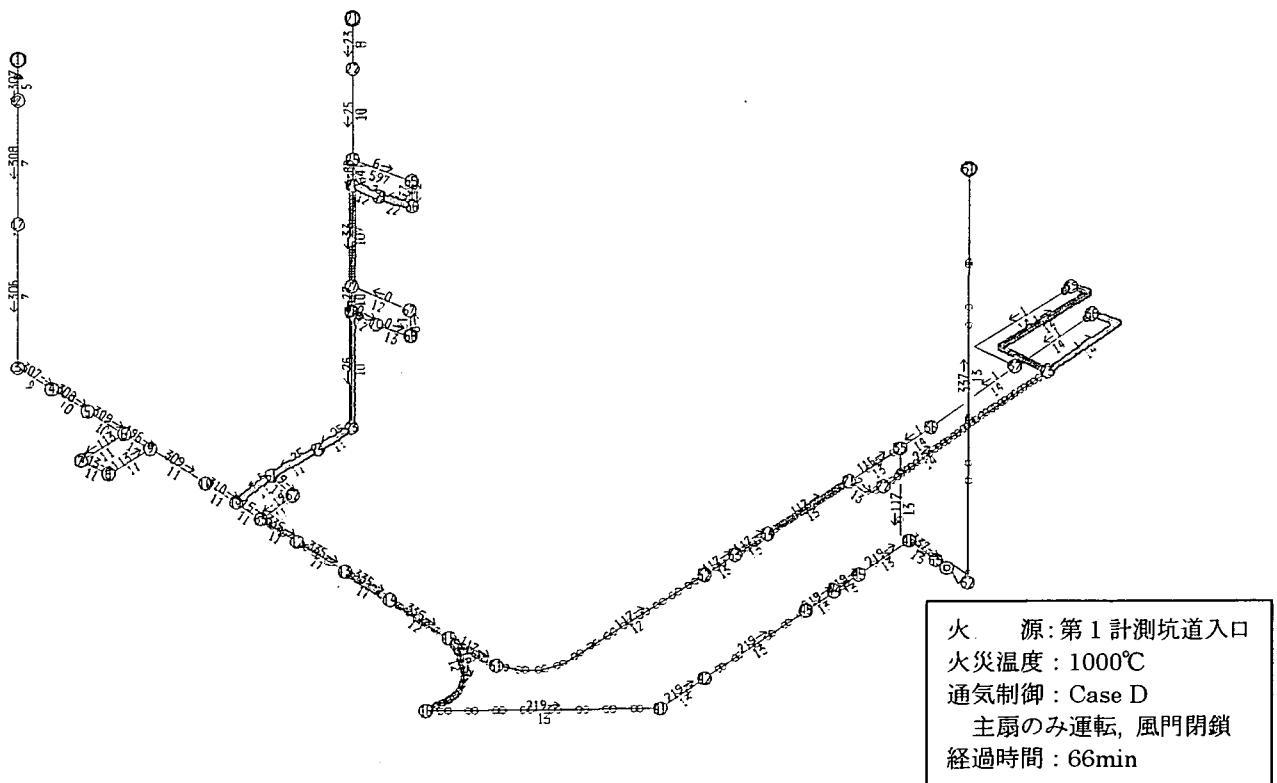


参考図 1・44 第1計測坑道入口での火災時解析結果

参考資料 1

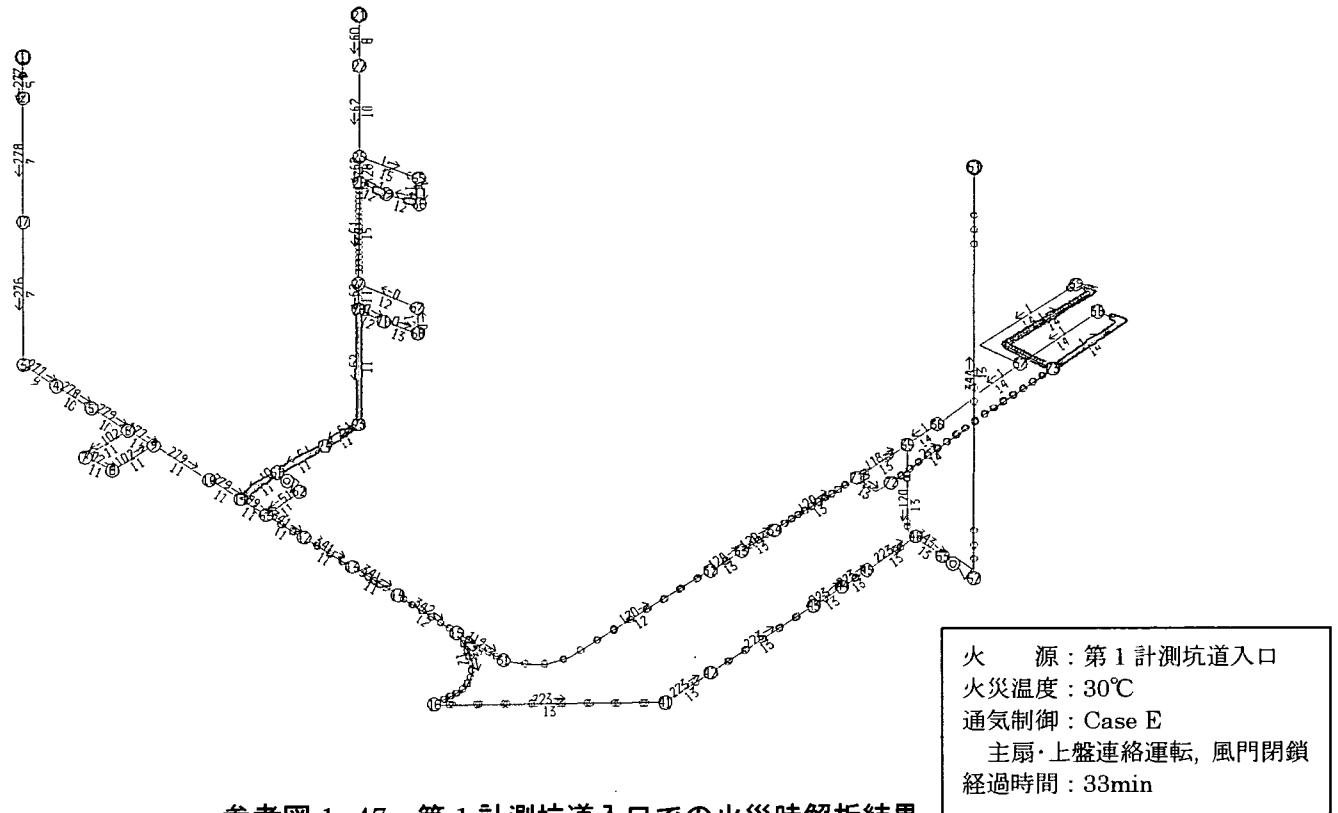


参考図 1・45 第 1 計測坑道入口での火災時解析結果

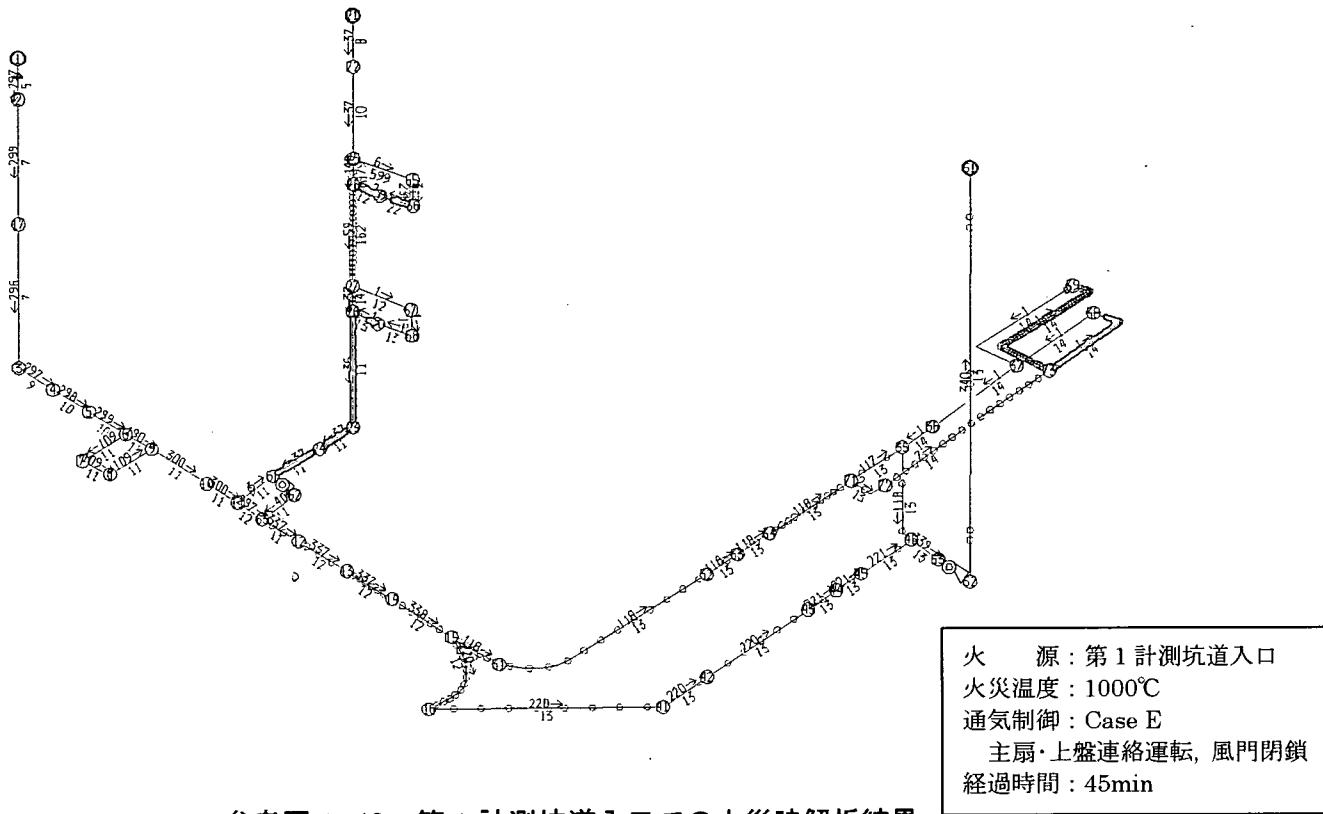


参考図 1・46 第 1 計測坑道入口での火災時解析結果

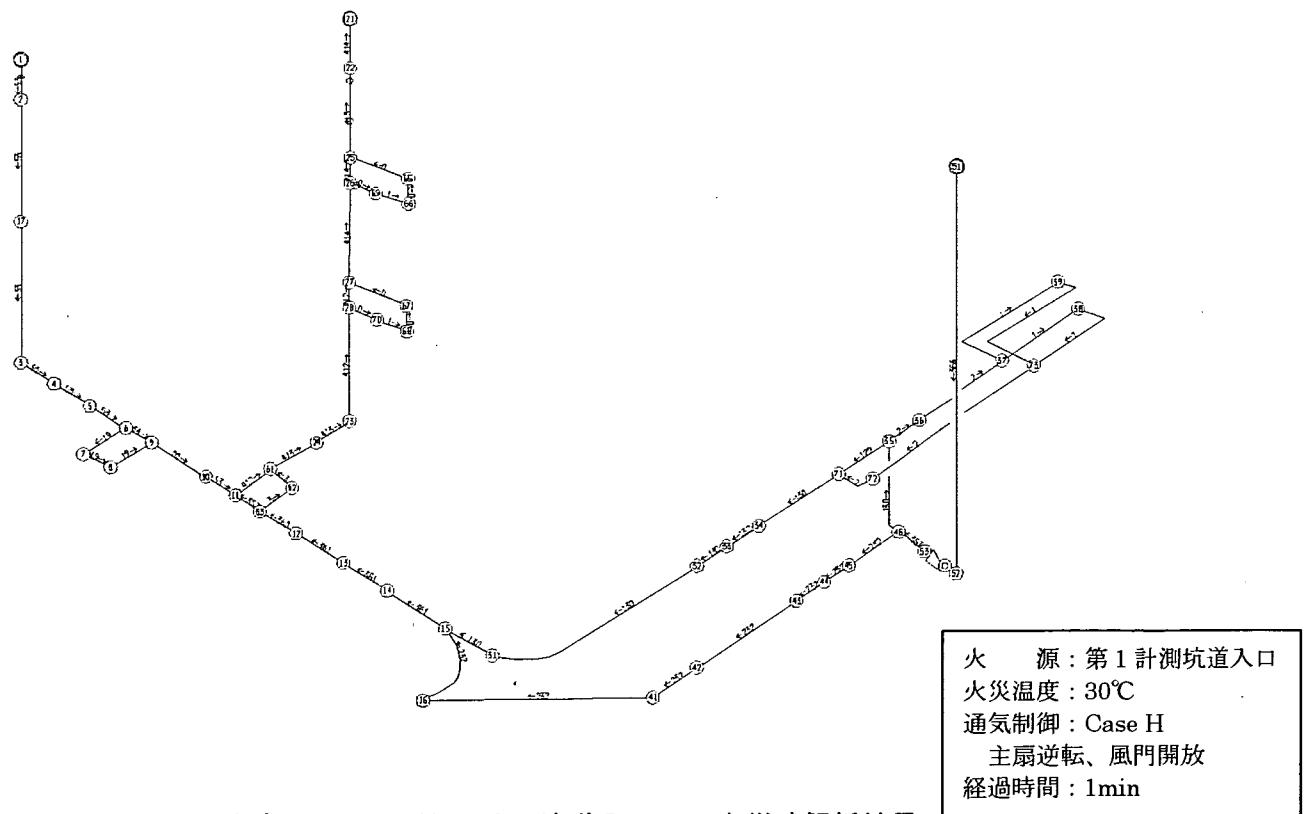
参考資料 1



参考資料 1

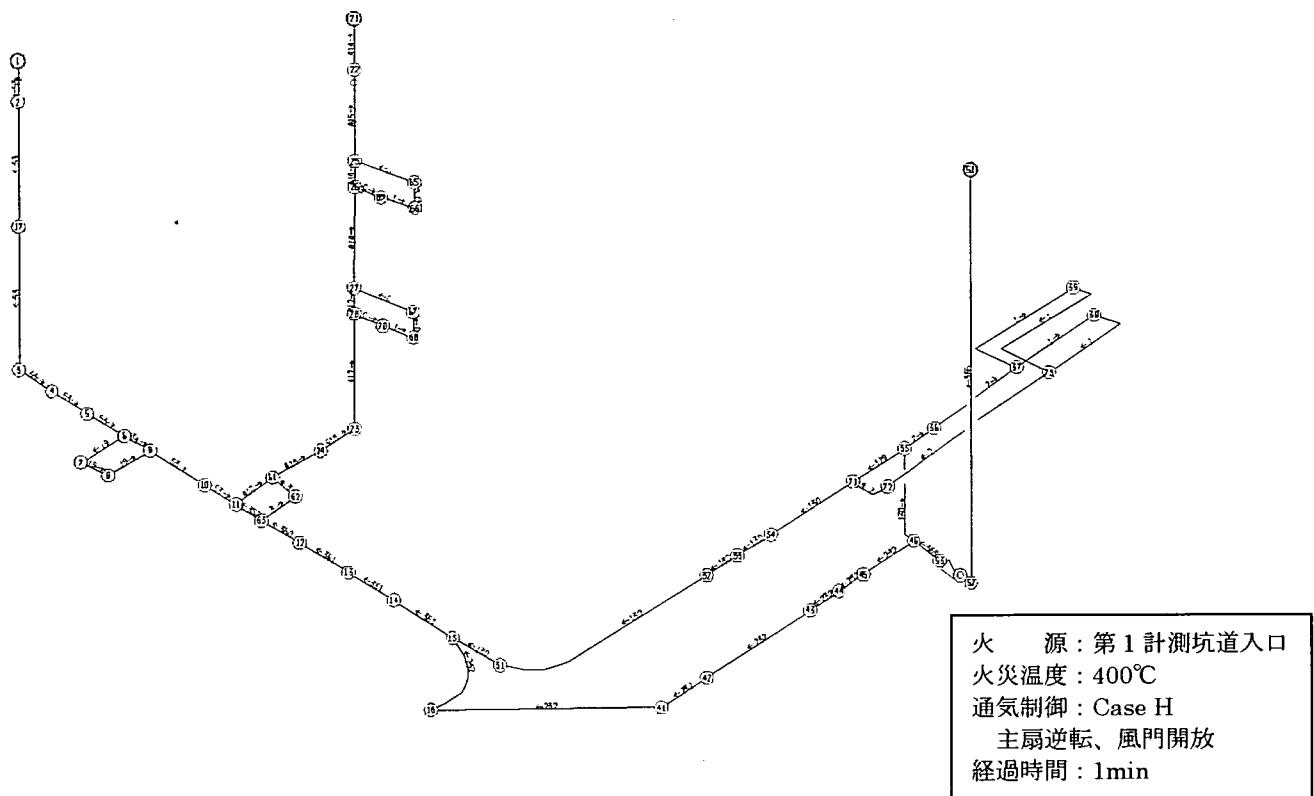


参考図 1-49 第 1 計測坑道入口での火災時解析結果

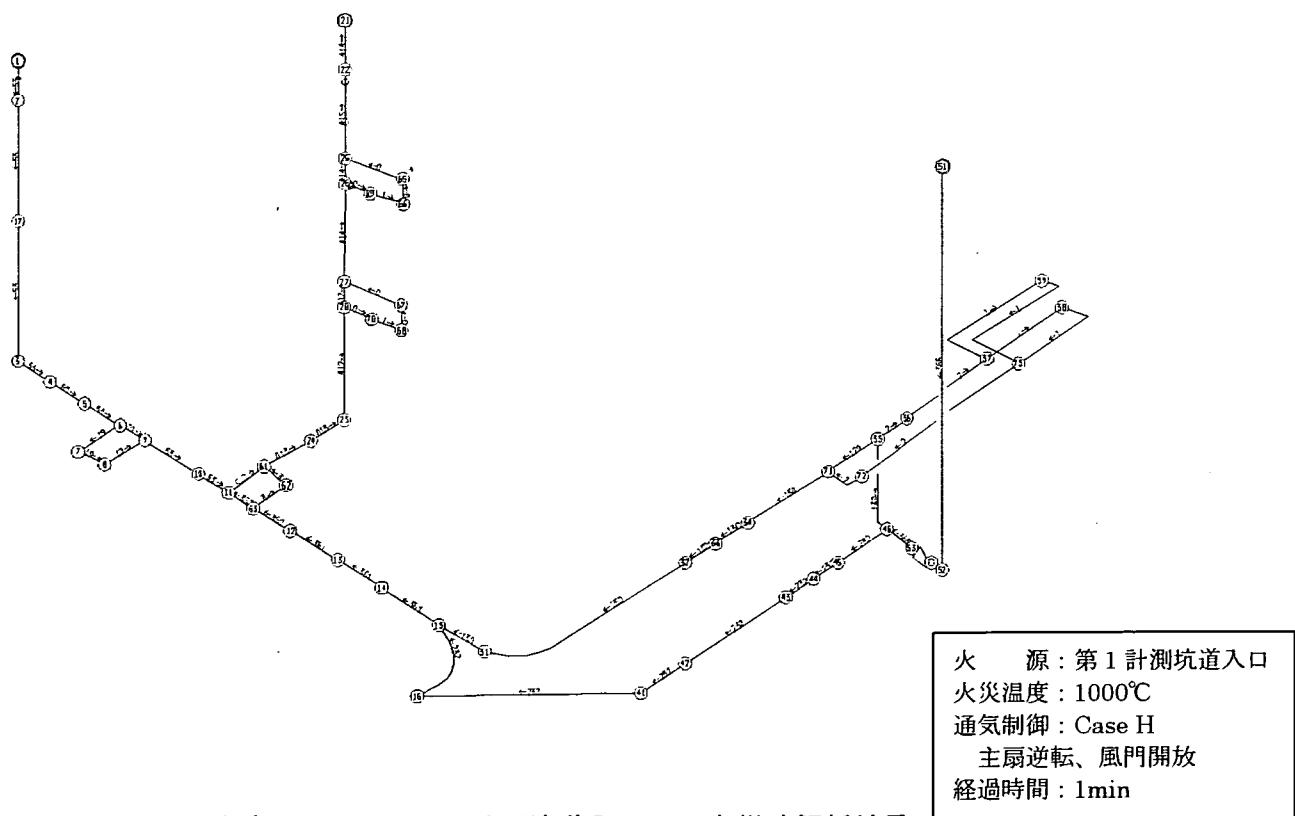


参考図 1-50 第 1 計測坑道入口での火災時解析結果

參考資料 1

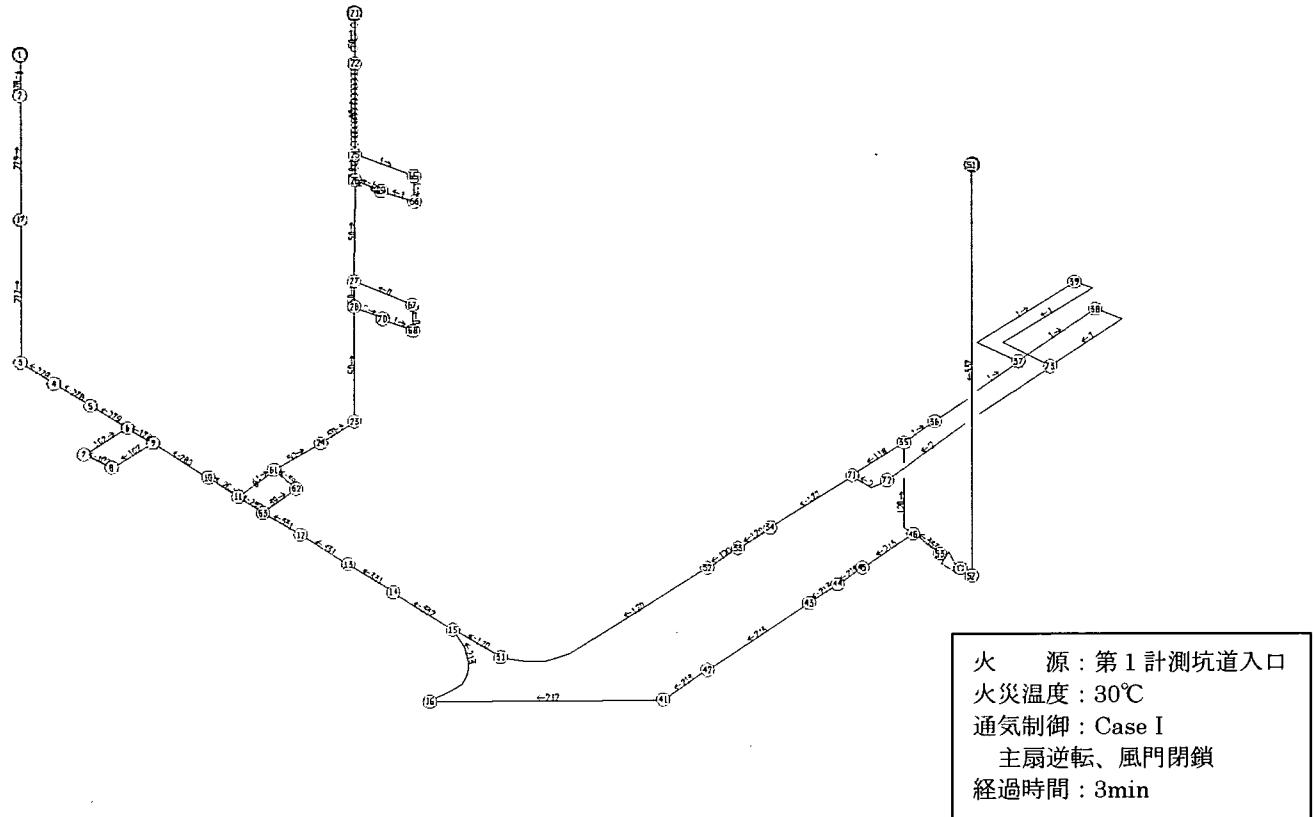


参考図 1-51 第 1 計測坑道入口での火災時解析結果

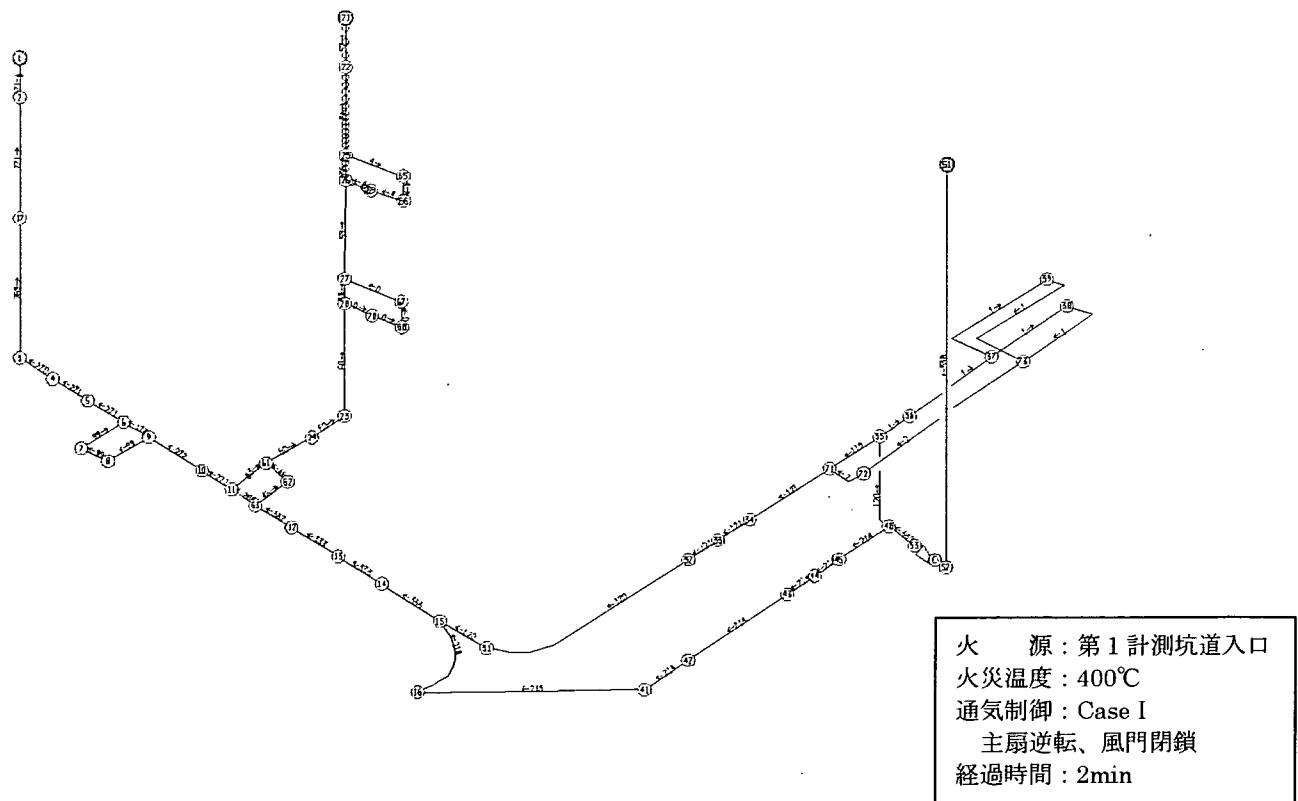


参考図 1・52 第 1 計測坑道入口での火災時解析結果

参考資料 1

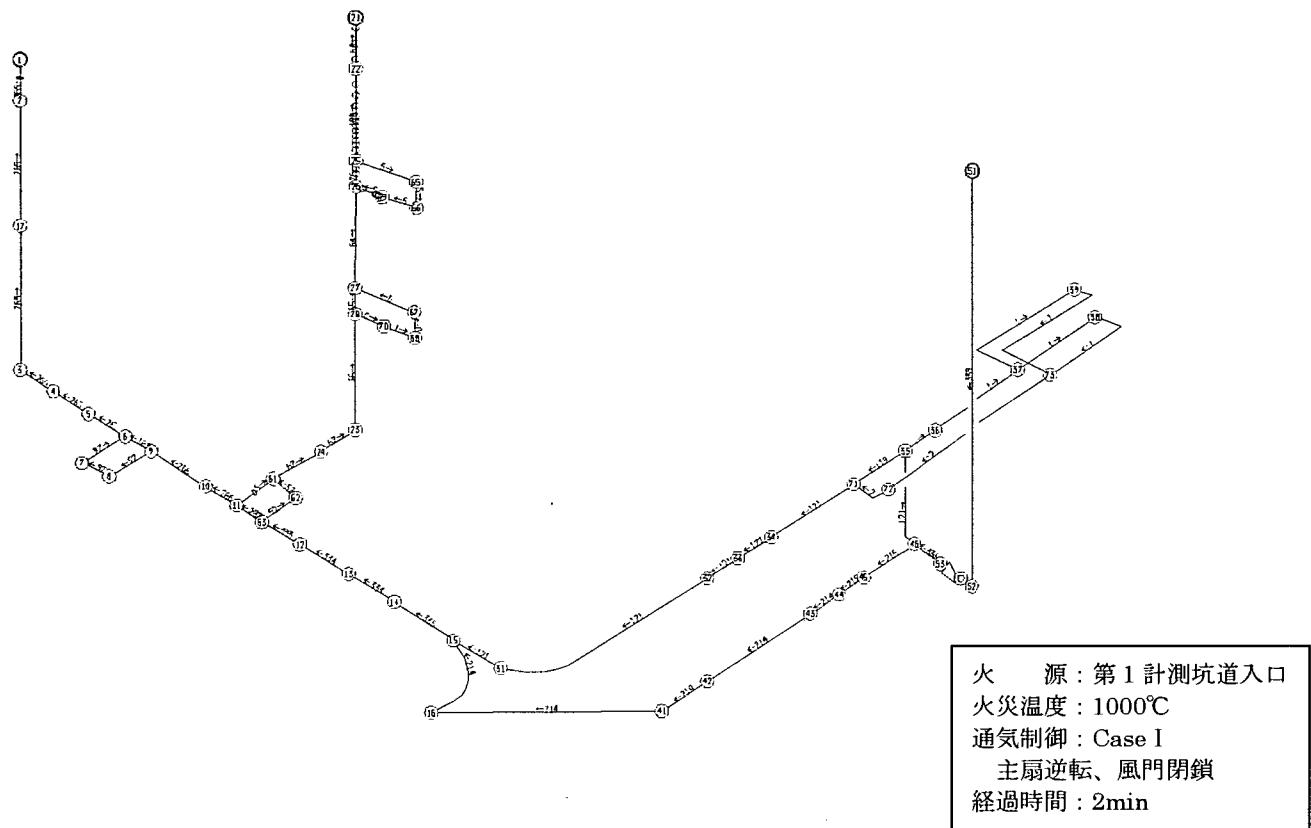


参考図 1・53 第1計測坑道入口での火災時解析結果

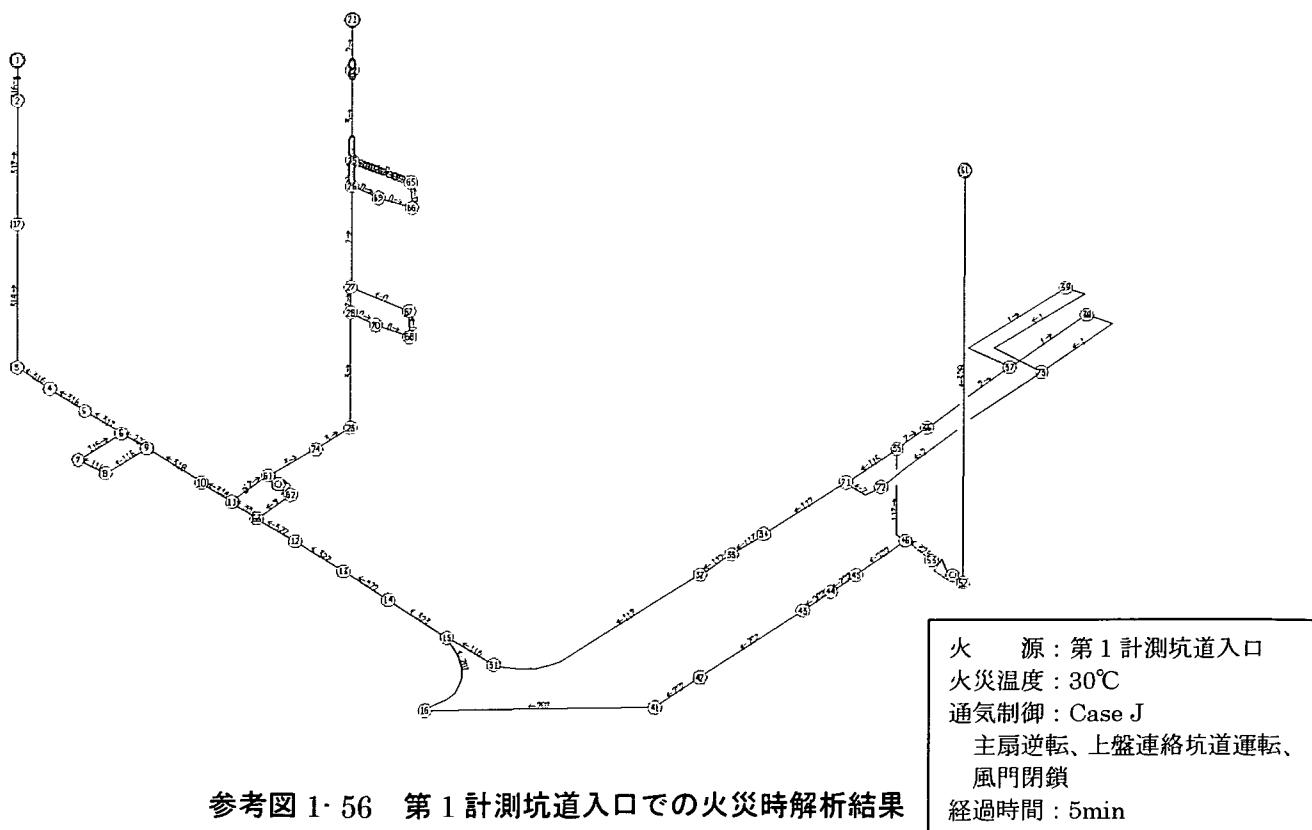


参考図 1・54 第1計測坑道入口での火災時解析結果

参考資料 1

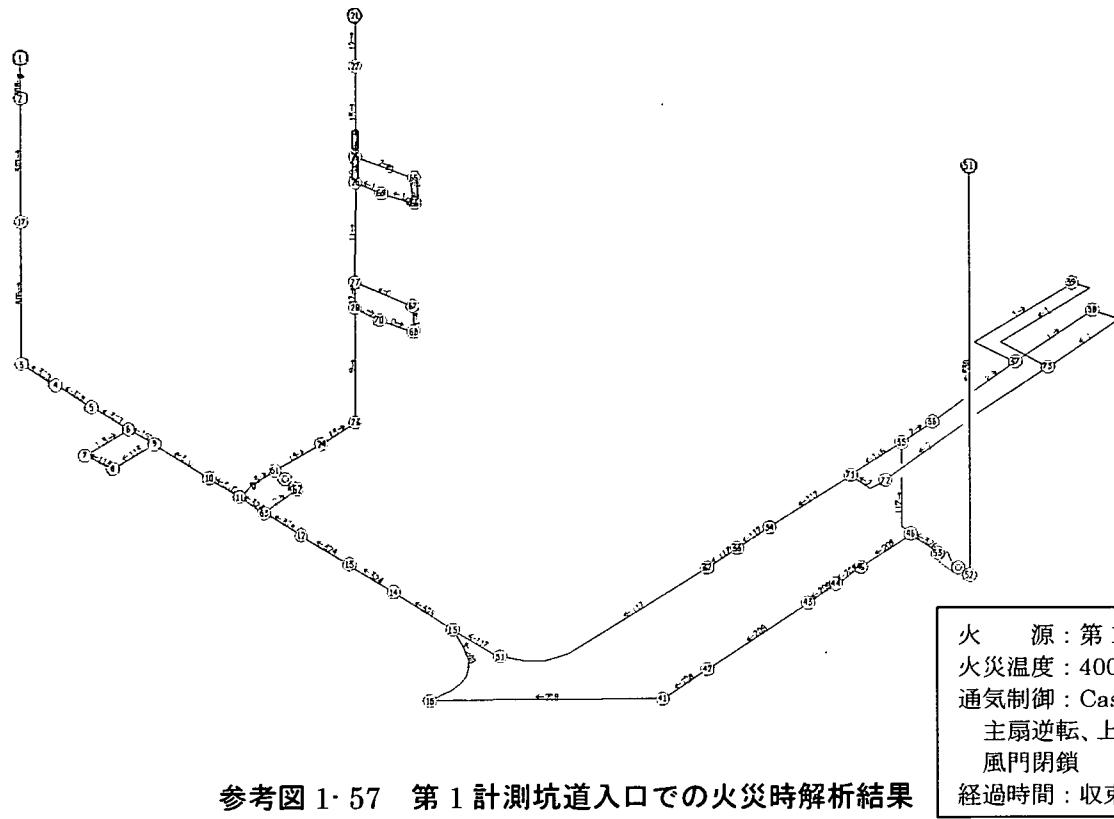


参考図 1・55 第1計測坑道入口での火災時解析結果

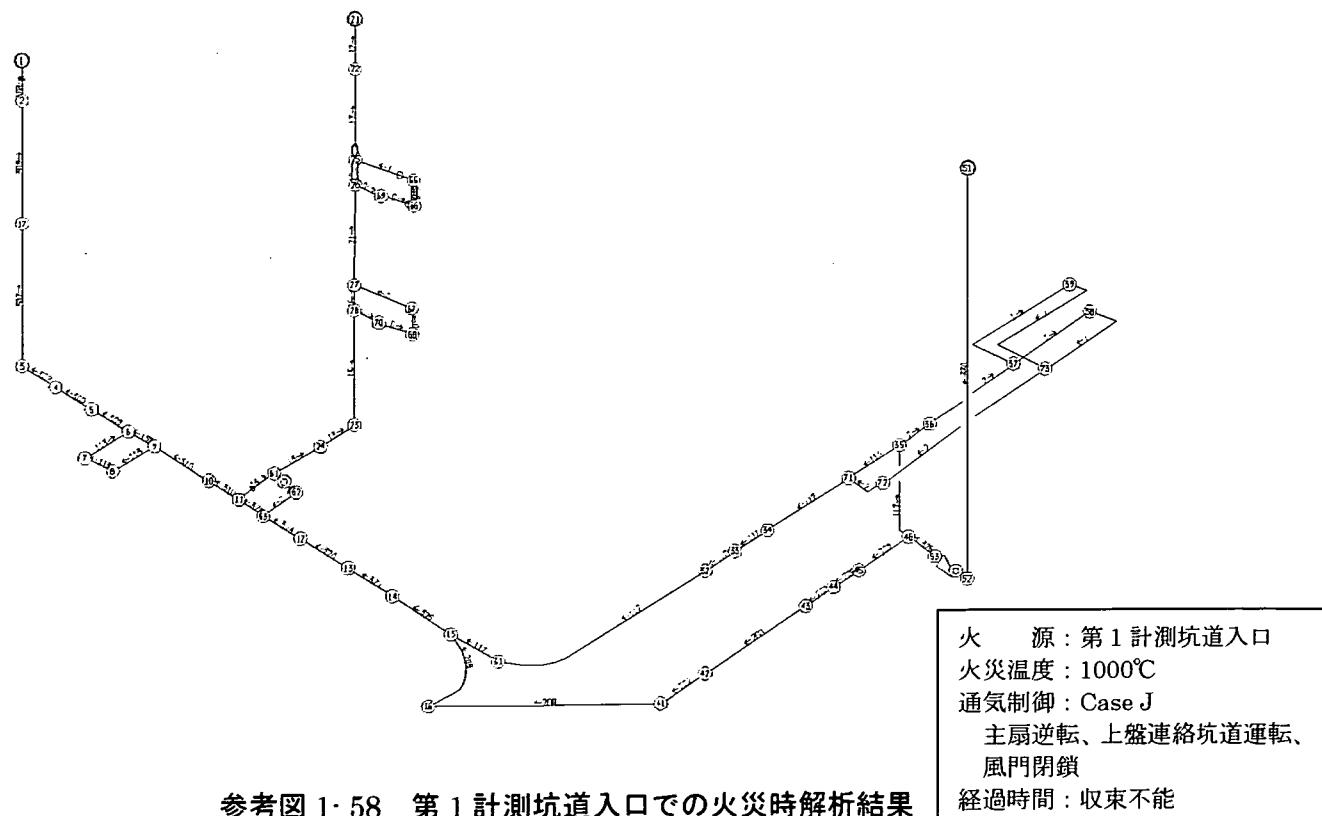


参考図 1・56 第1計測坑道入口での火災時解析結果

参考資料 1

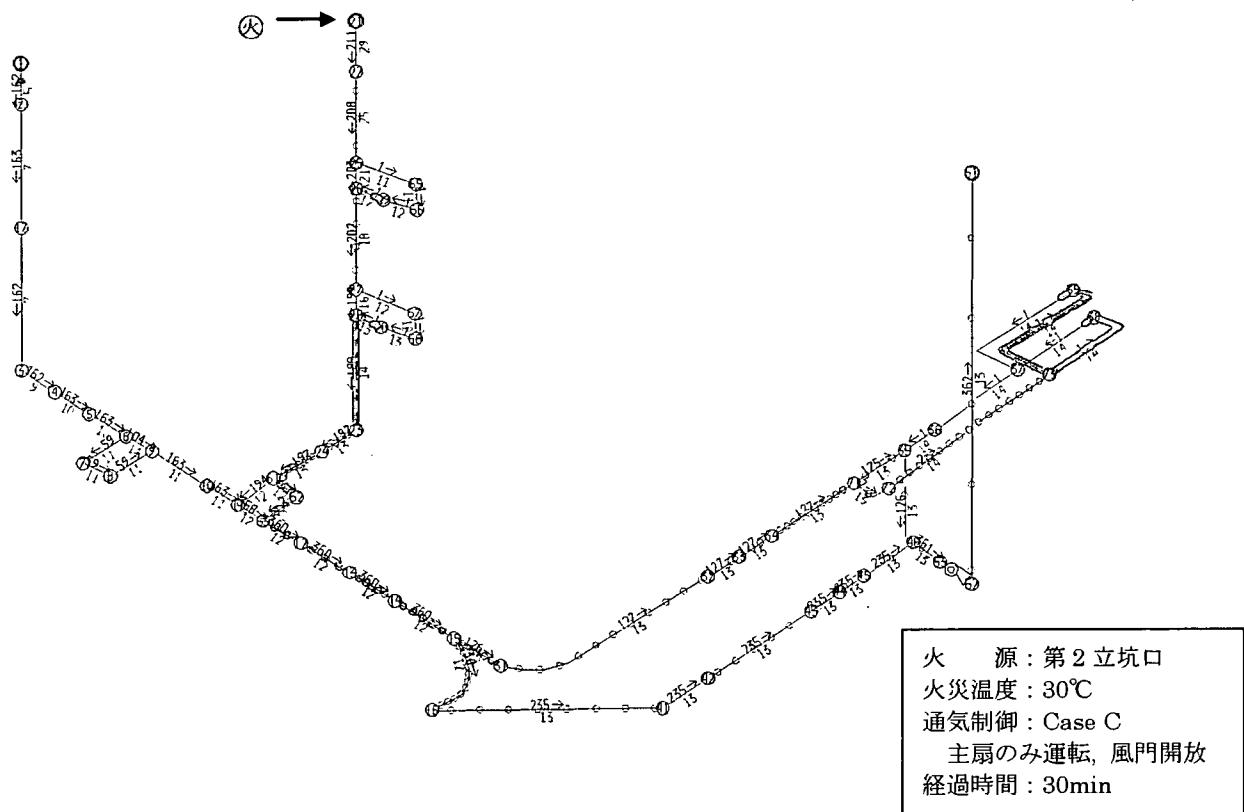


参考図 1・57 第1計測坑道入口での火災時解析結果

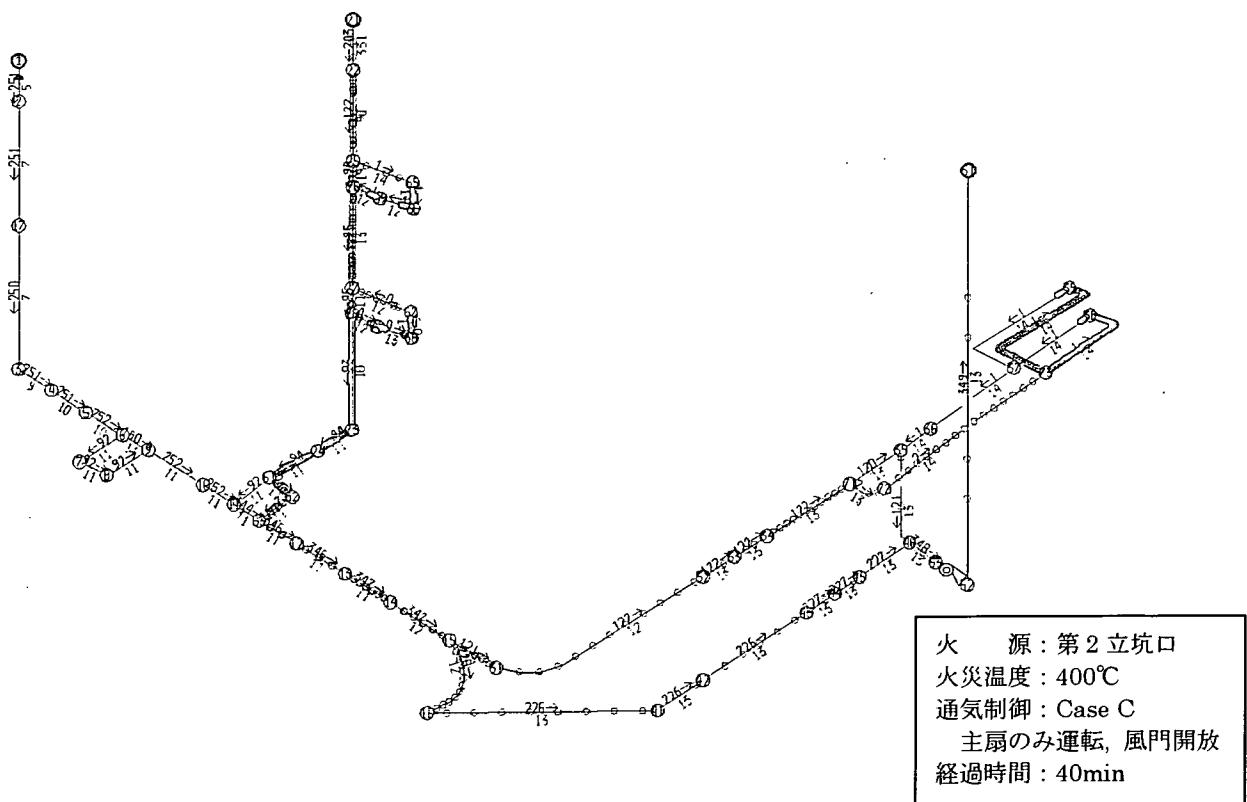


参考図 1・58 第1計測坑道入口での火災時解析結果

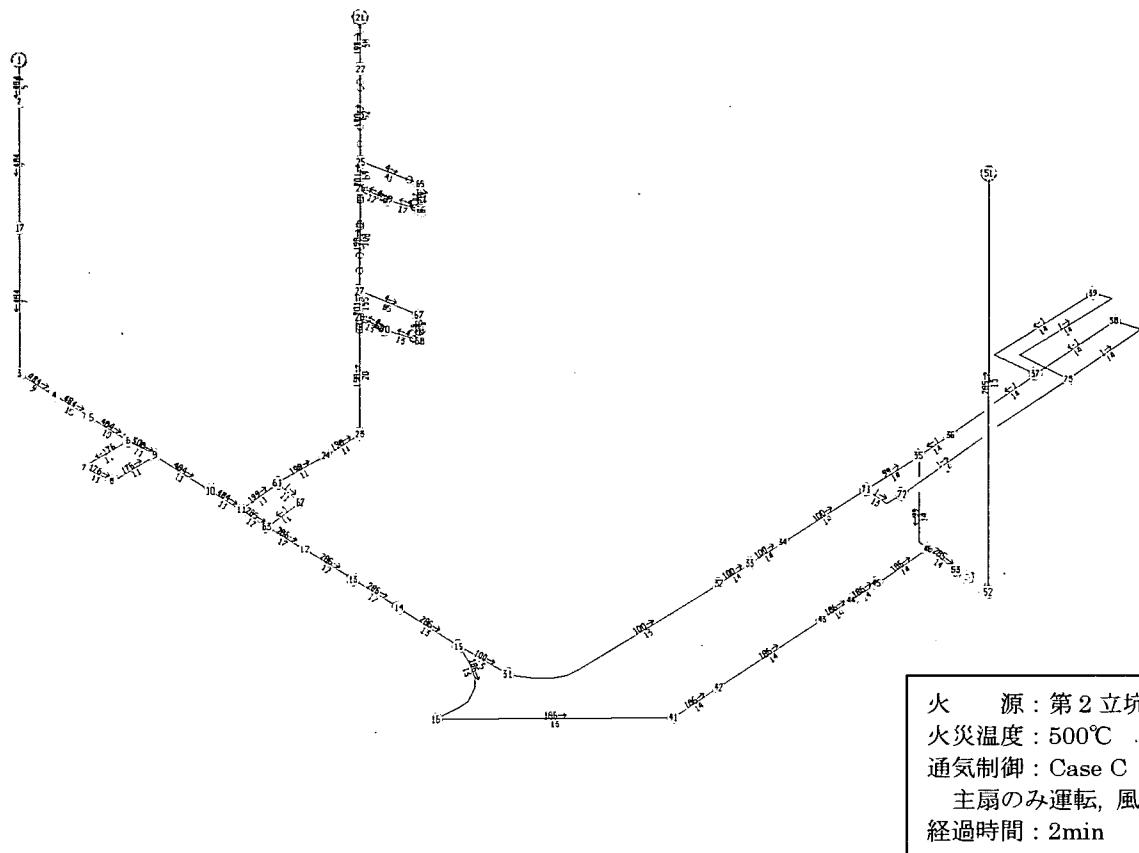
参考資料 1



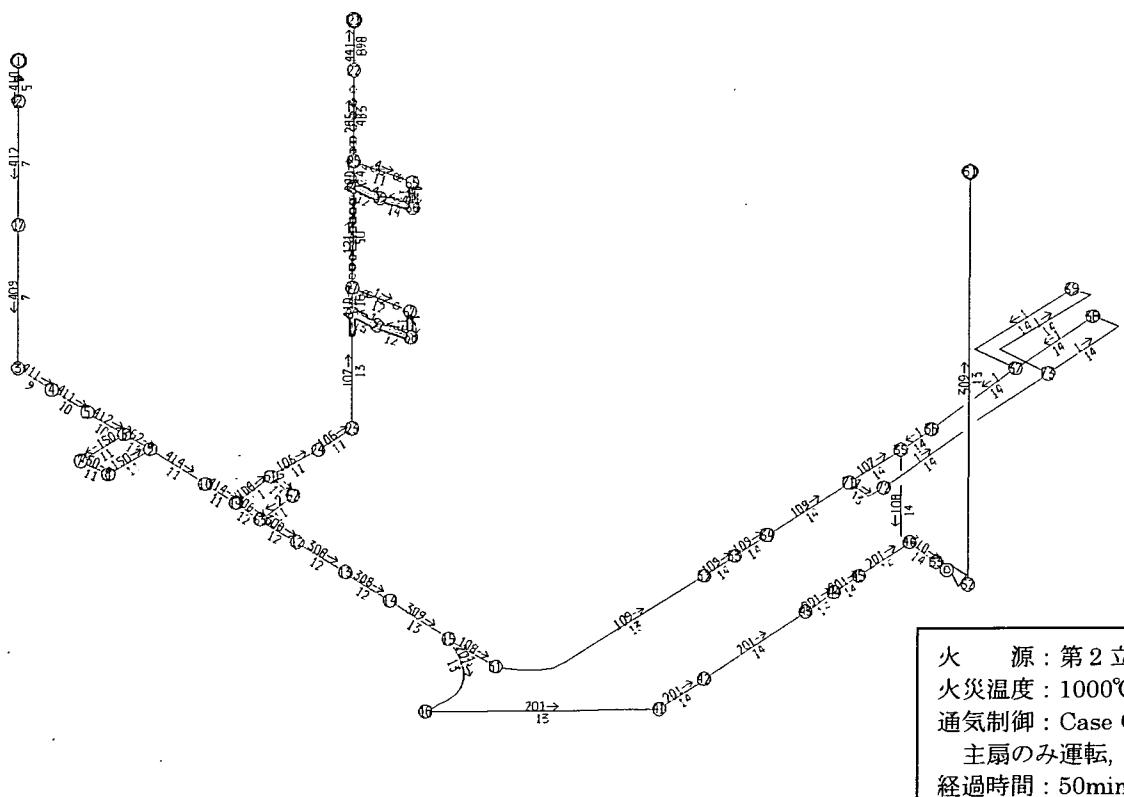
参考図 1-59 第2立坑口での火災時解析結果



参考図 1-60 第2立坑口での火災時解析結果

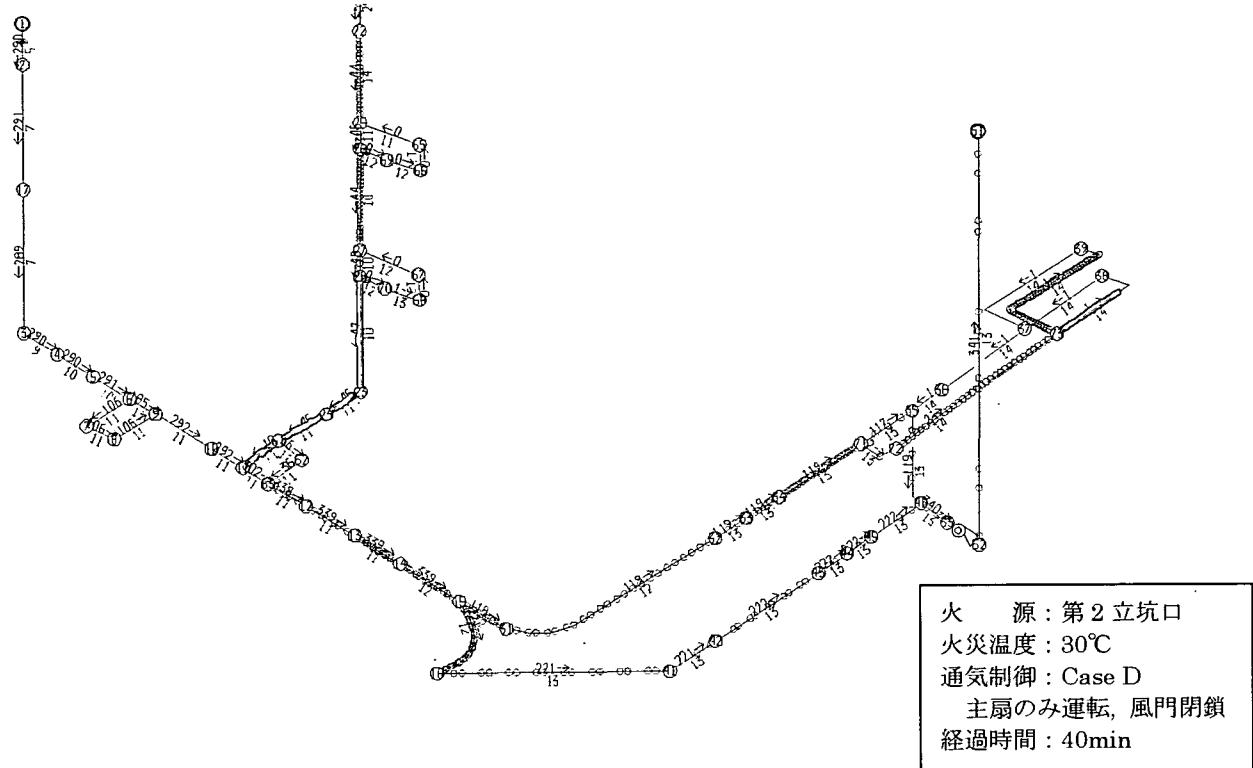


参考図 1-61 第2立坑口での火災時解析結果

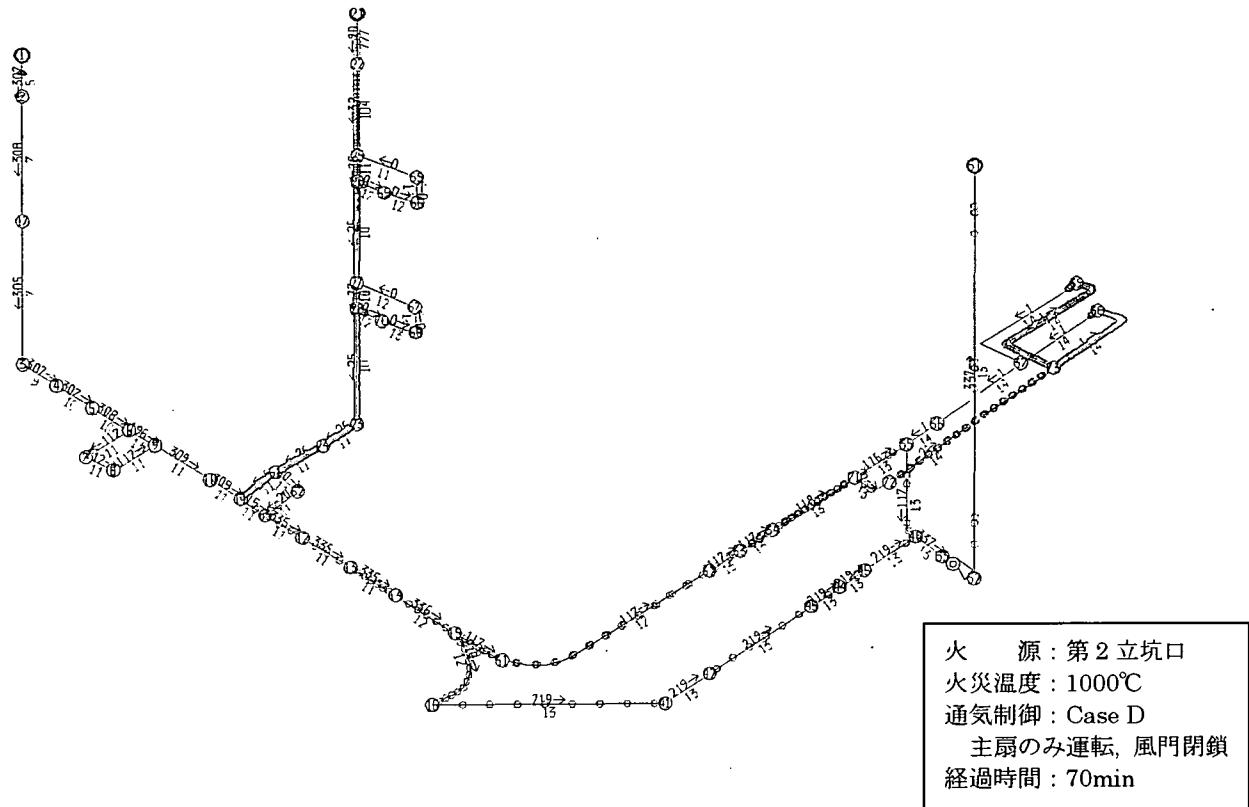


参考図 1-62 第2立坑口での火災時解析結果

参考資料 1

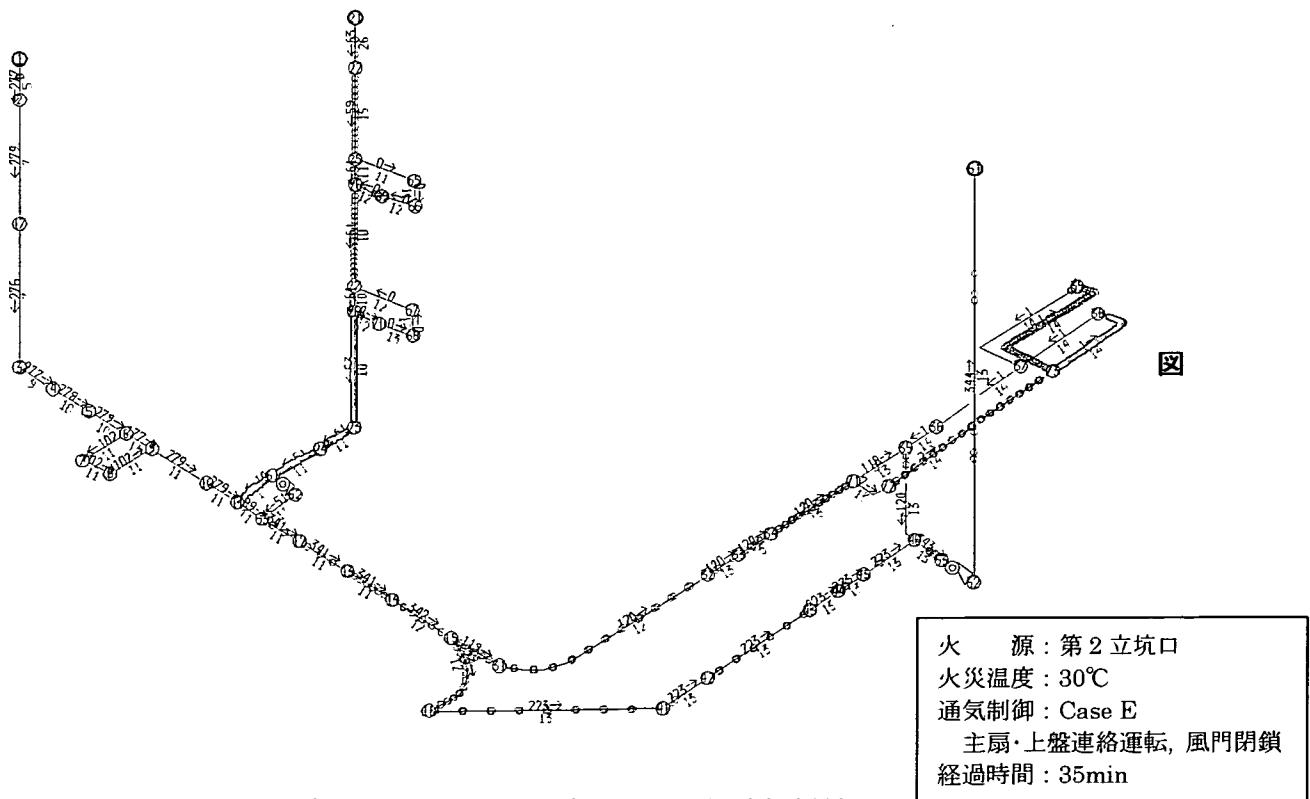


参考資料 1



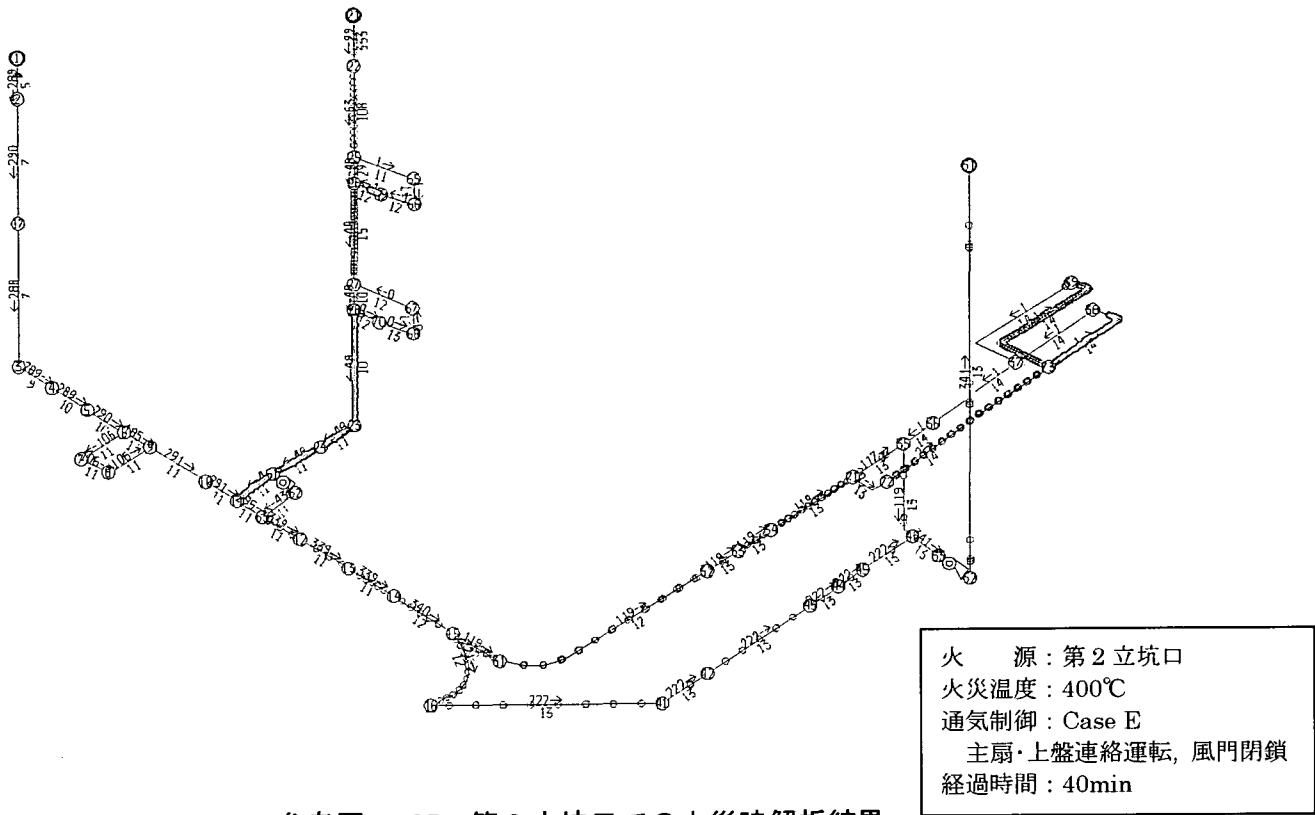
参考図 1・65 第2立坑口での火災時解析結果

©: 通気網解析ツール東山鉱業火災時解析用TKN11-E / KAZEMARU

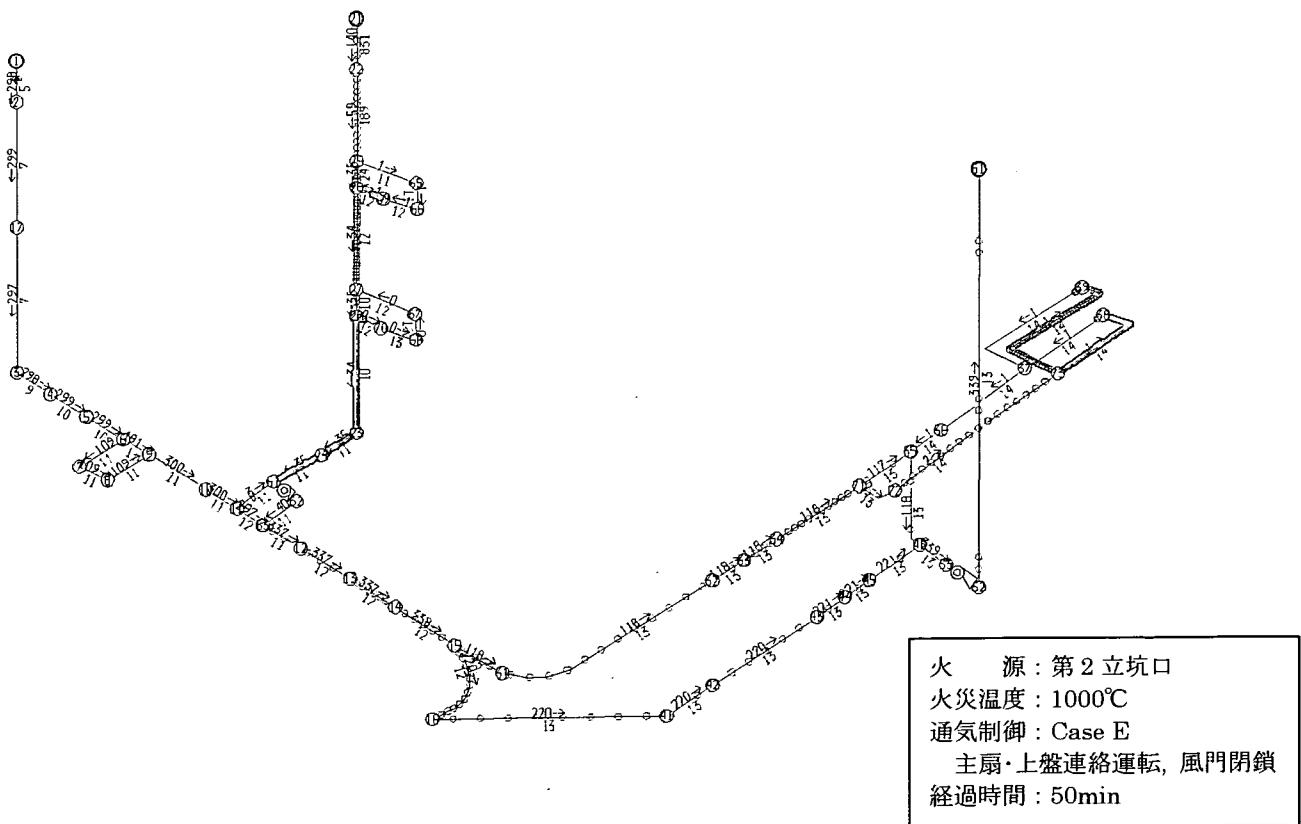


参考図 1・66 第2立坑口での火災時解析結果

参考資料 1

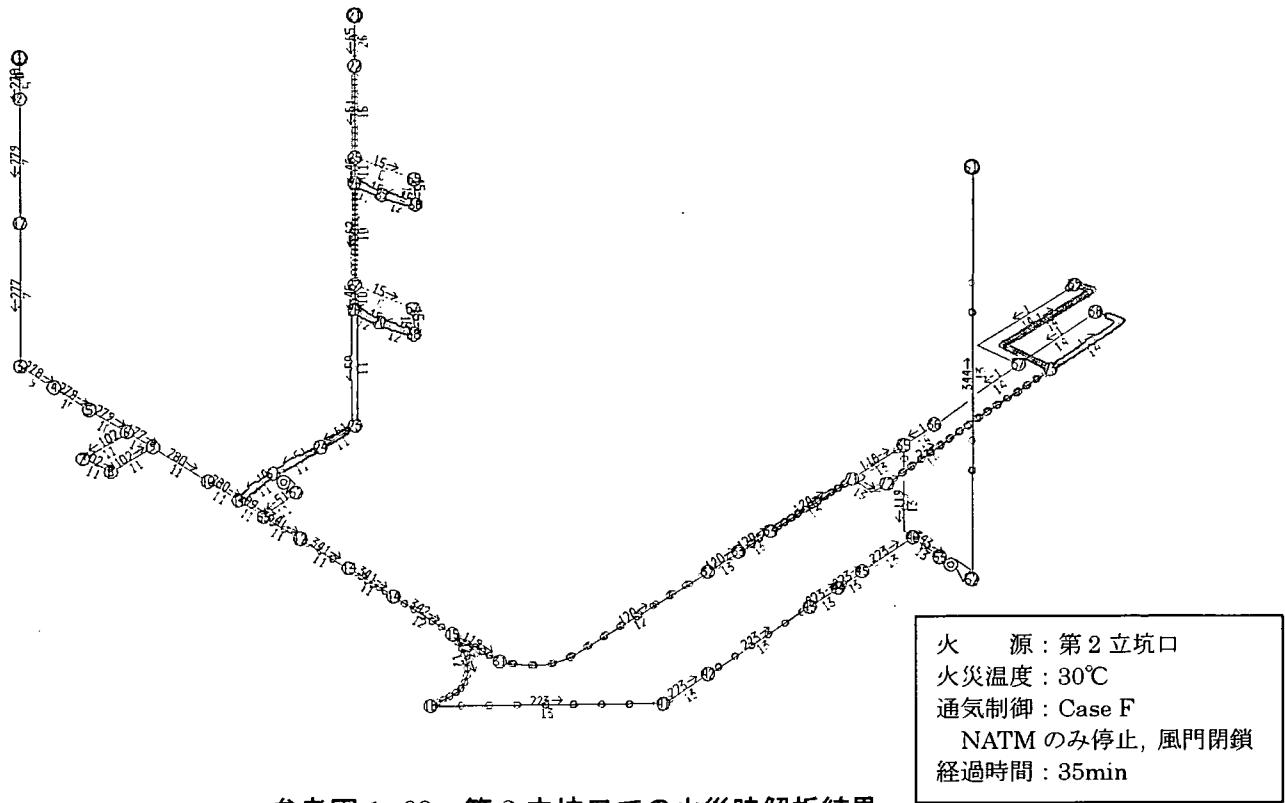


参考図 1-67 第2立坑口での火災時解析結果

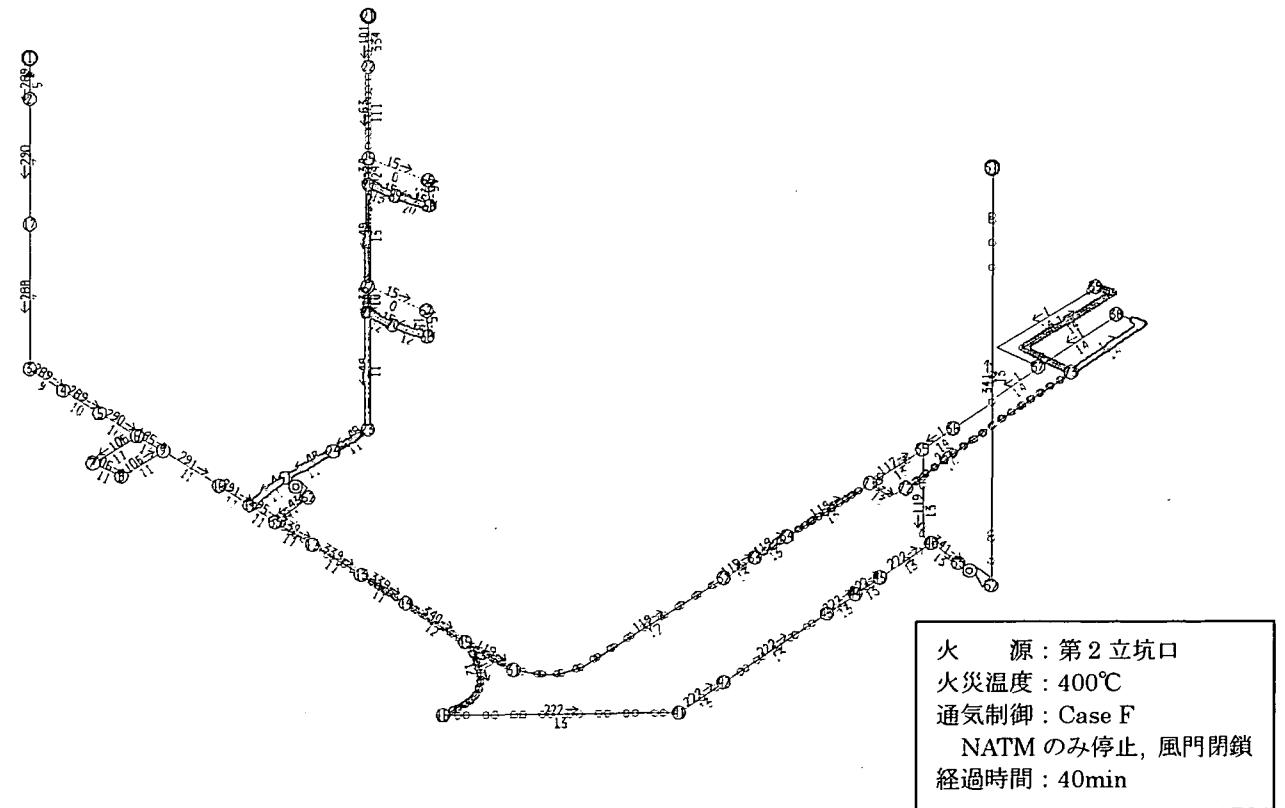


参考図 1-68 第2立坑口での火災時解析結果

参考資料 1

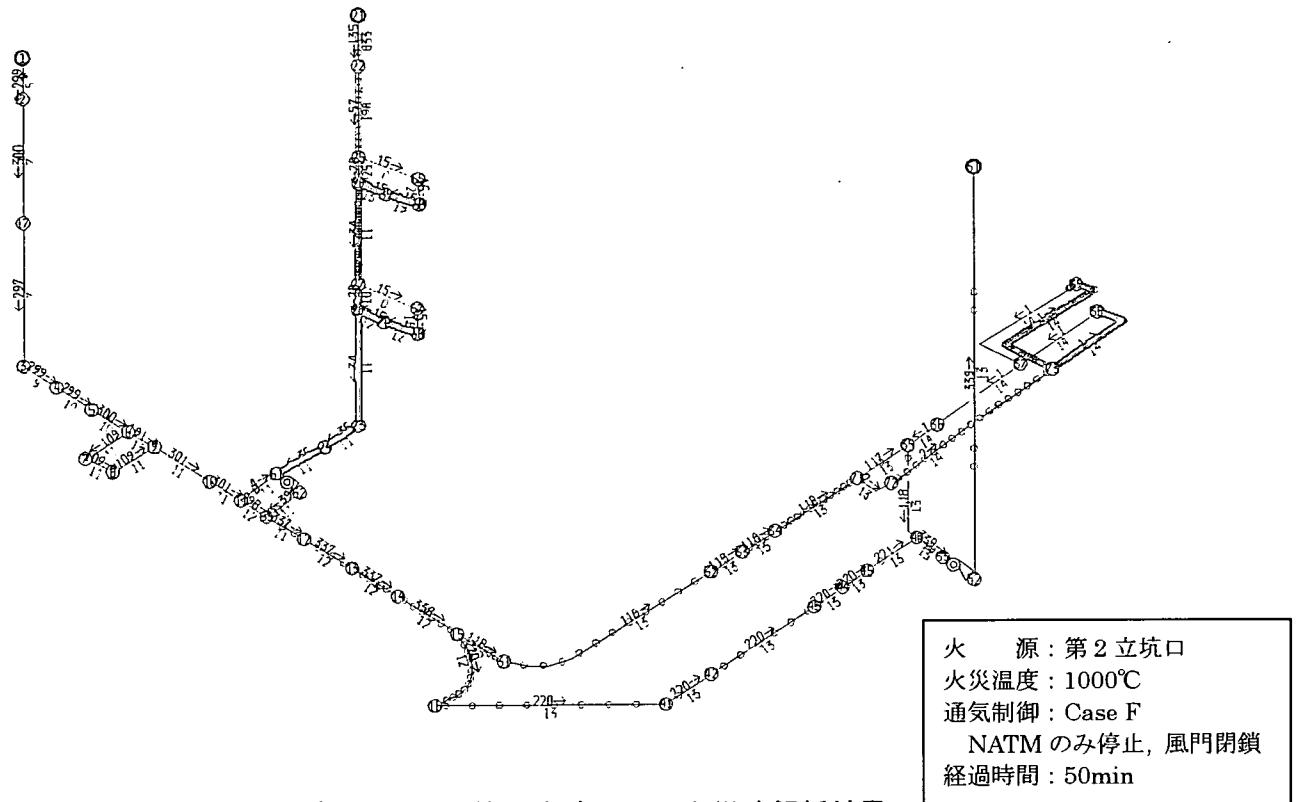


参考図 1-69 第 2 立坑口での火災時解析結果

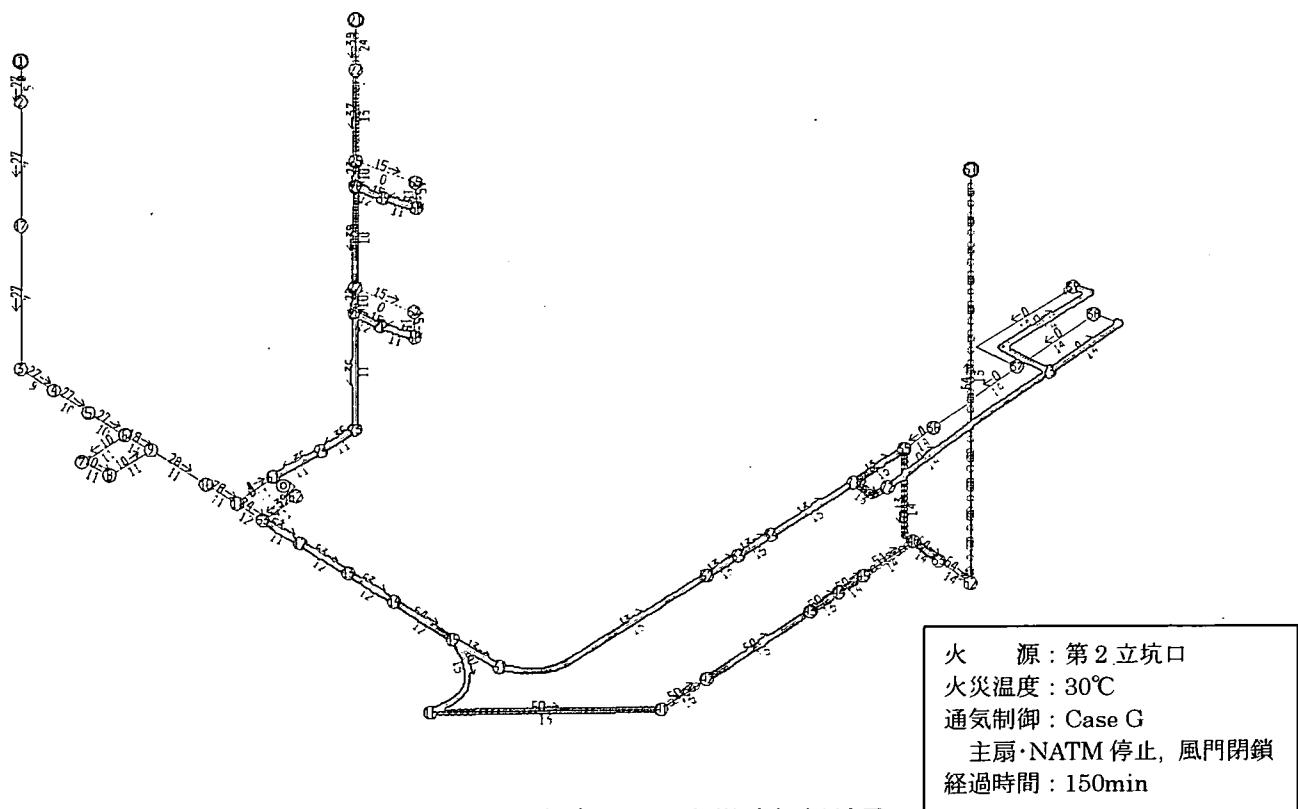


参考図 1-70 第 2 立坑口での火災時解析結果

参考資料 1

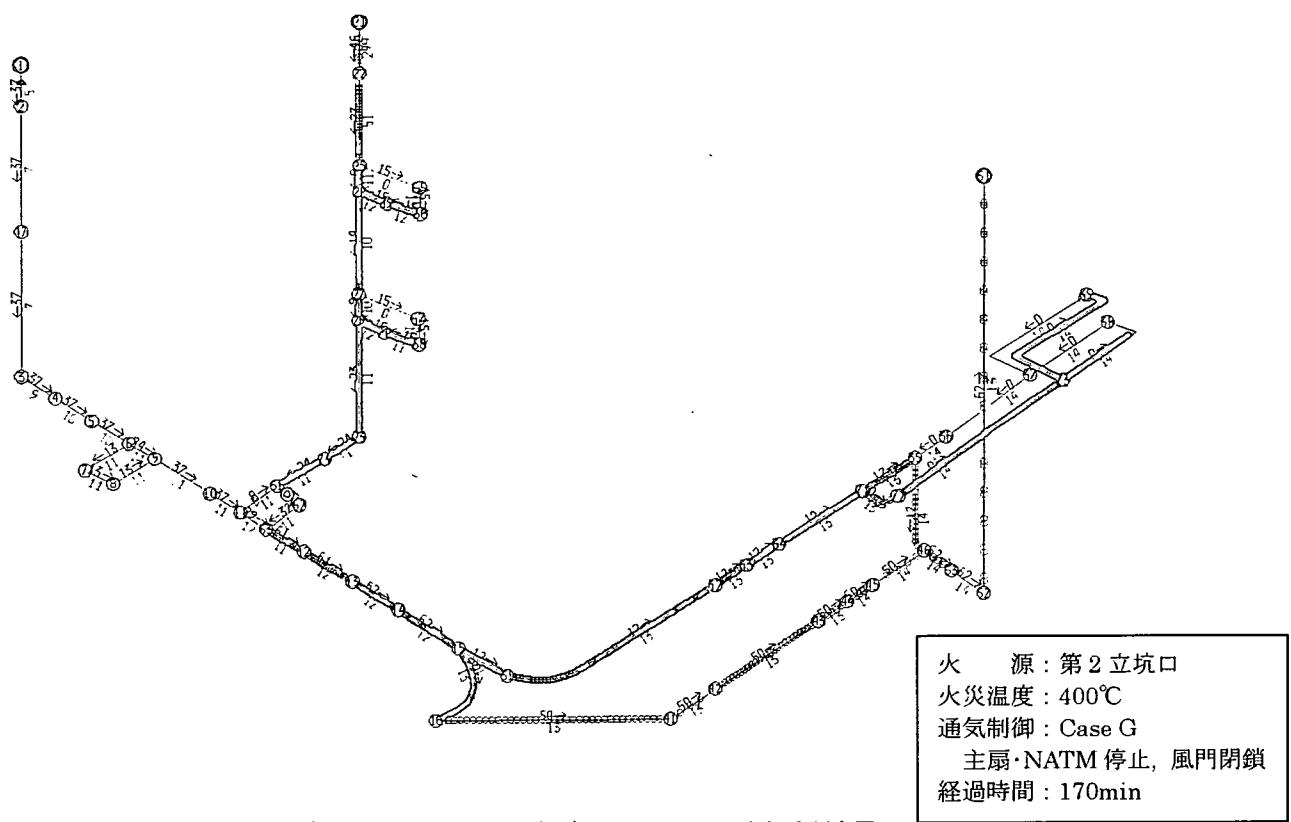


参考図 1・71 第2立坑口での火災時解析結果

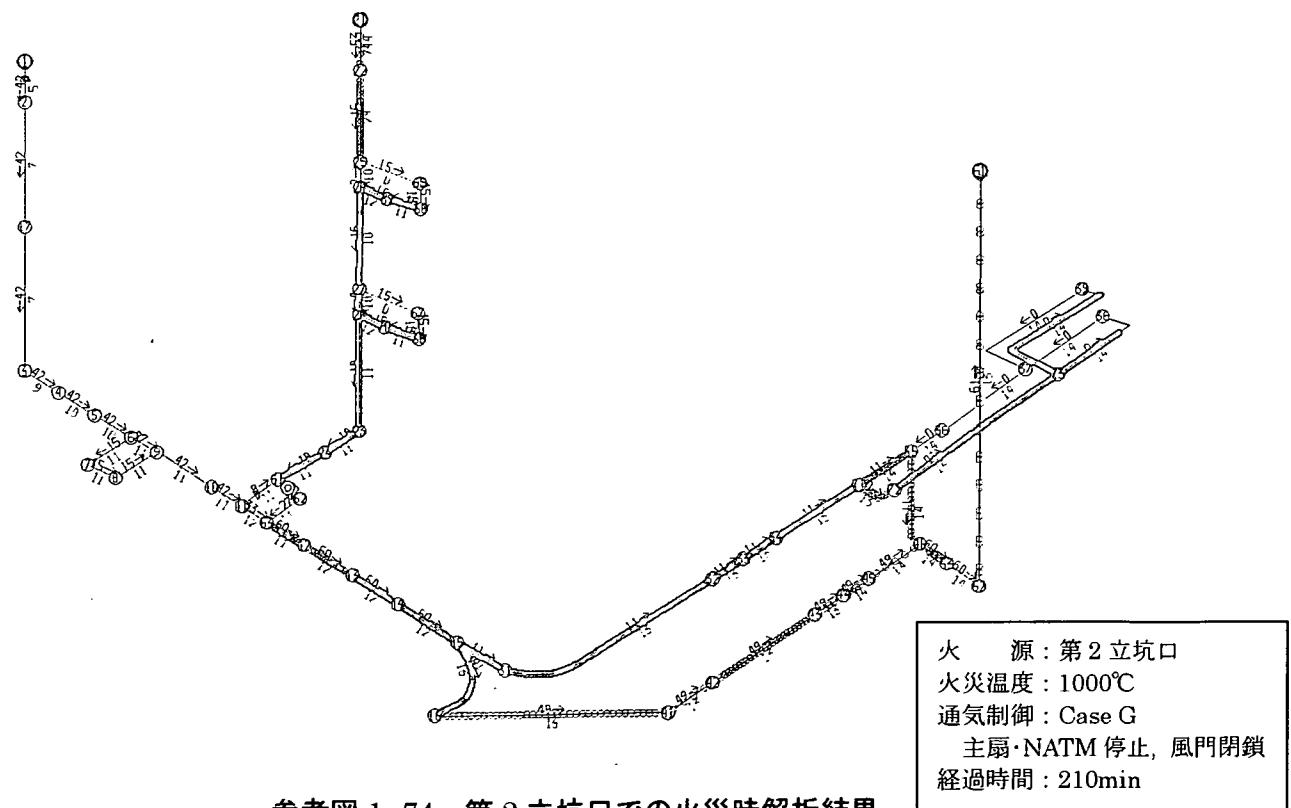


参考図 1・72 第2立坑口での火災時解析結果

参考資料 1

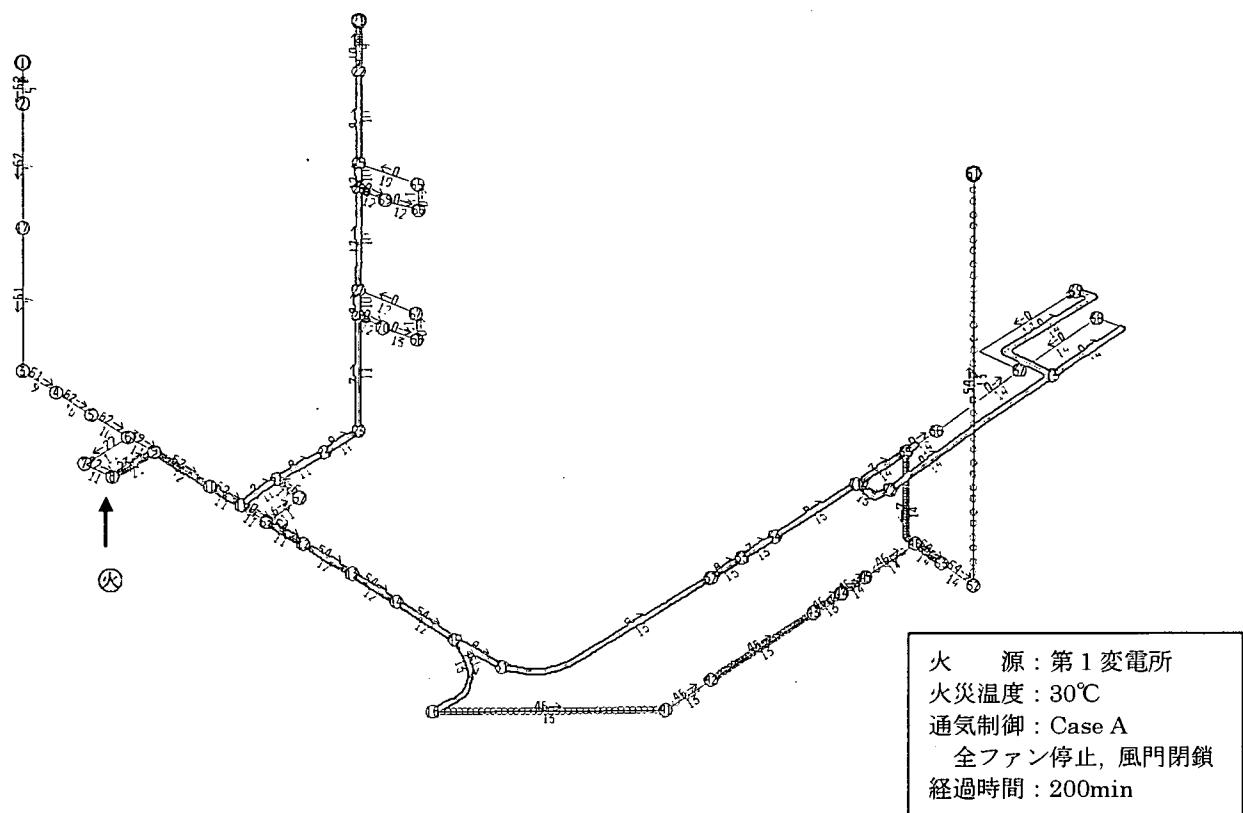


参考図 1・73 第2立坑口での火災時解析結果

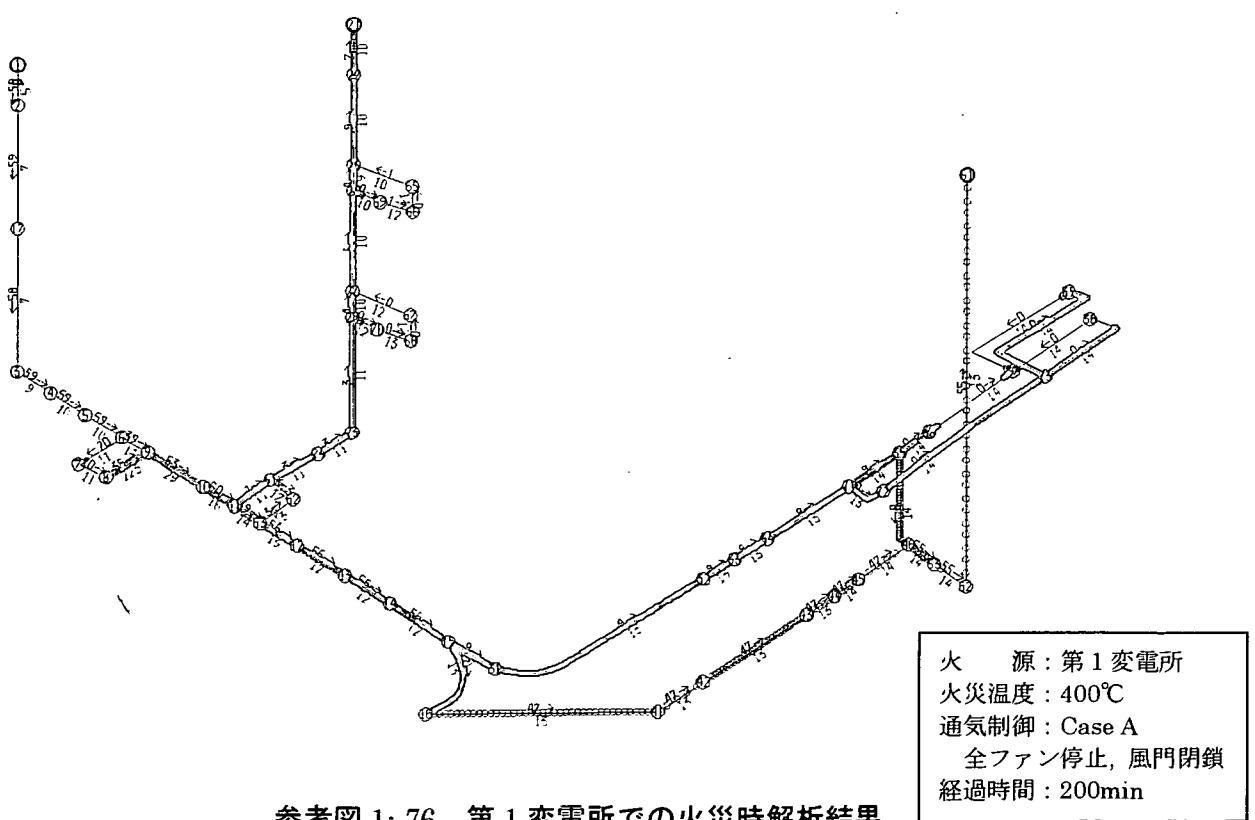


参考図 1・74 第2立坑口での火災時解析結果

参考資料 1

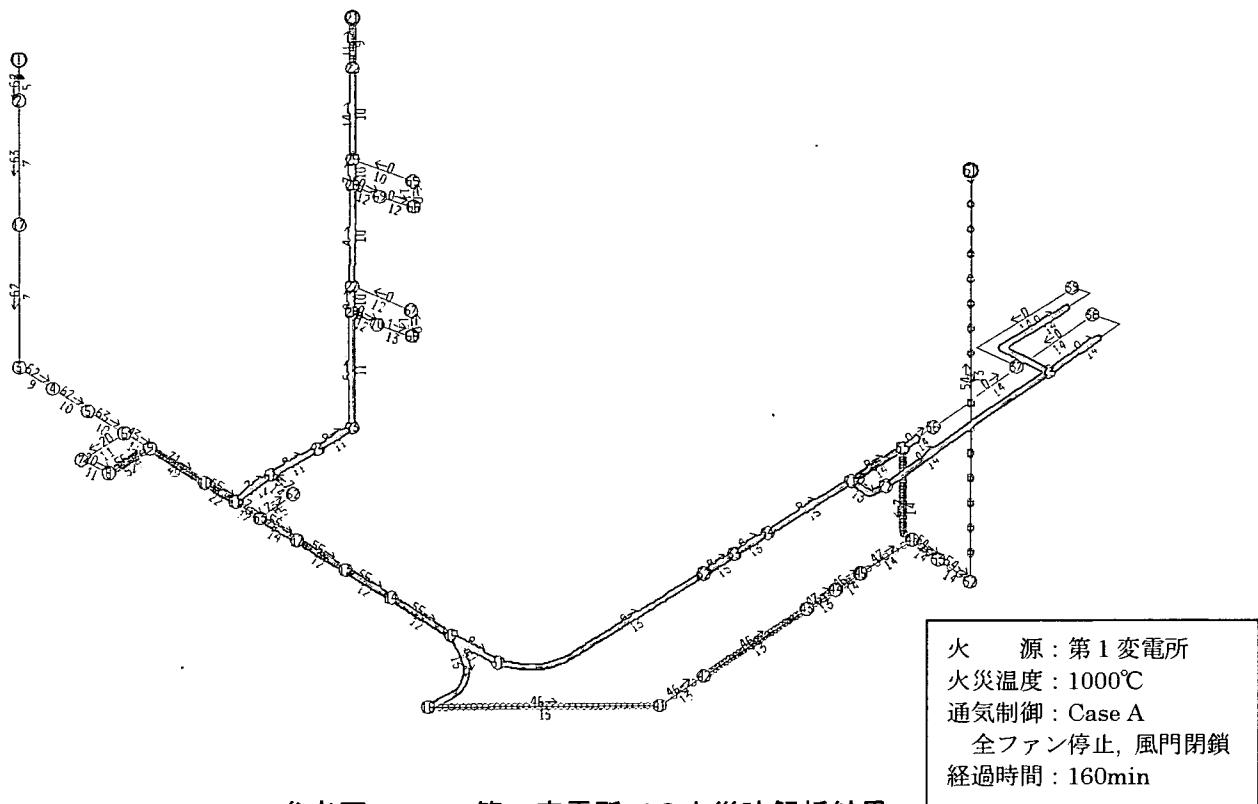


参考図 1-75 第 1 変電所での火災時解析結果

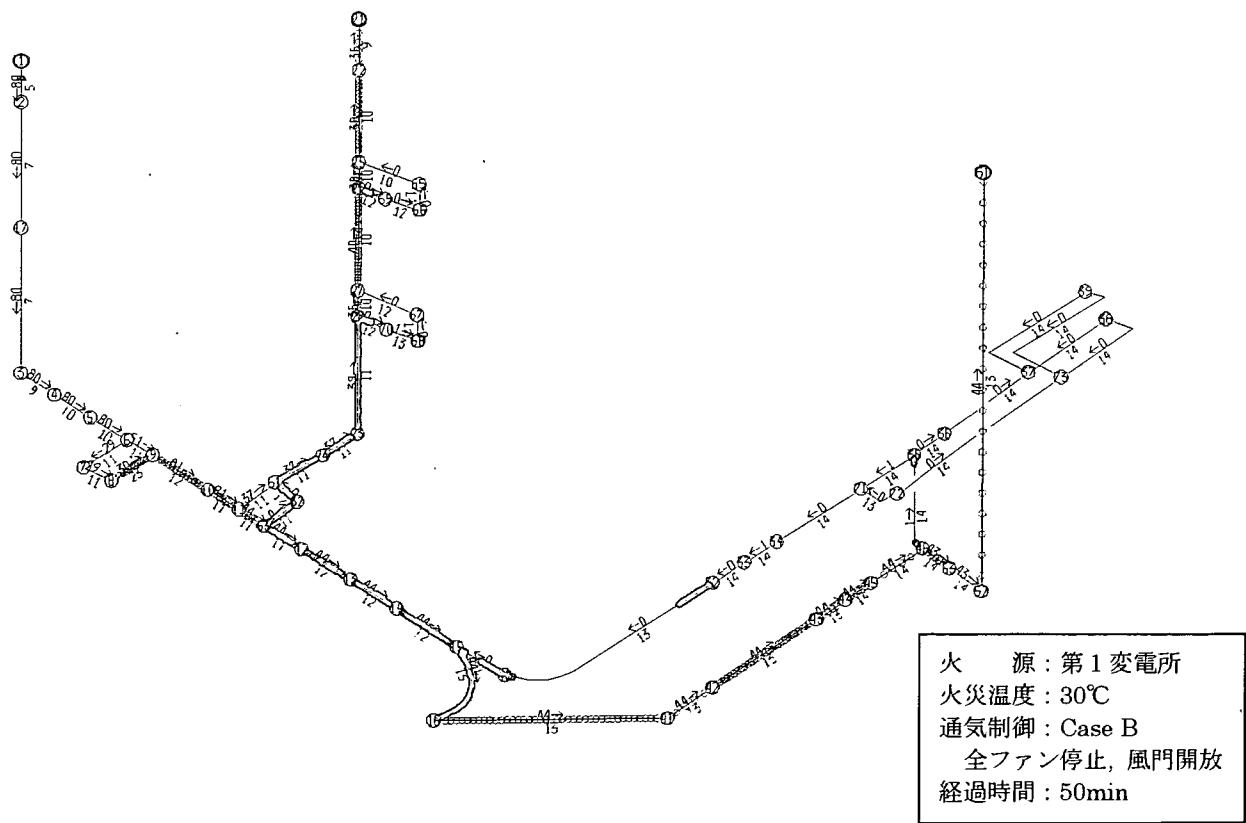


参考図 1-76 第 1 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

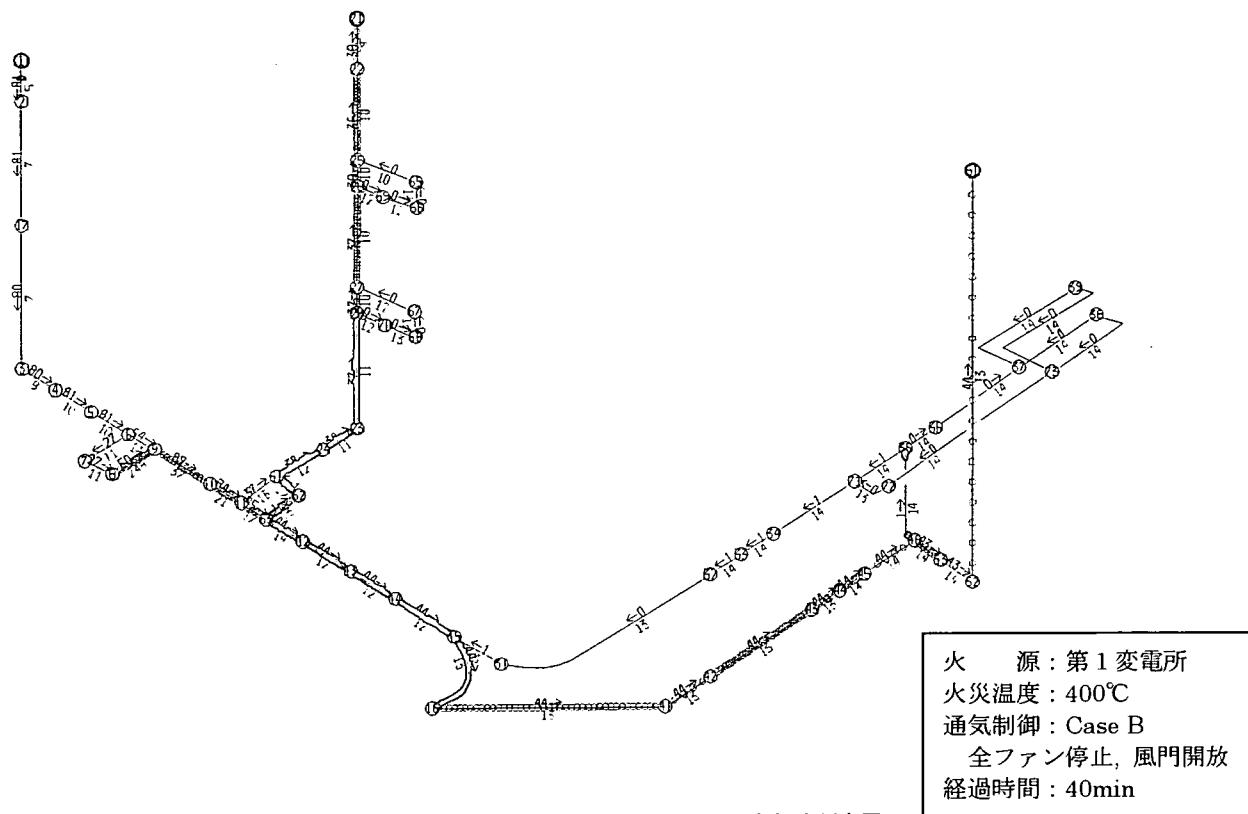


参考図 1-77 第 1 変電所での火災時解析結果

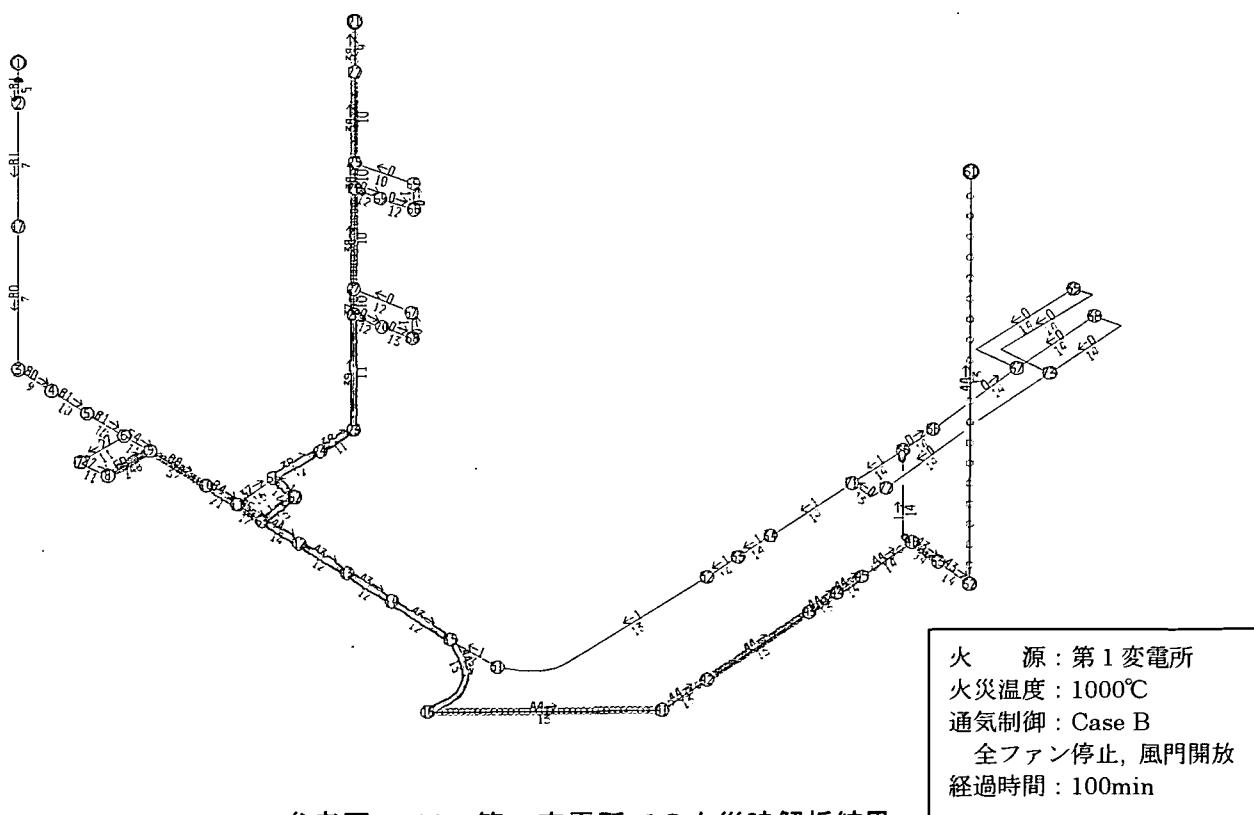


参考図 1-78 第 1 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

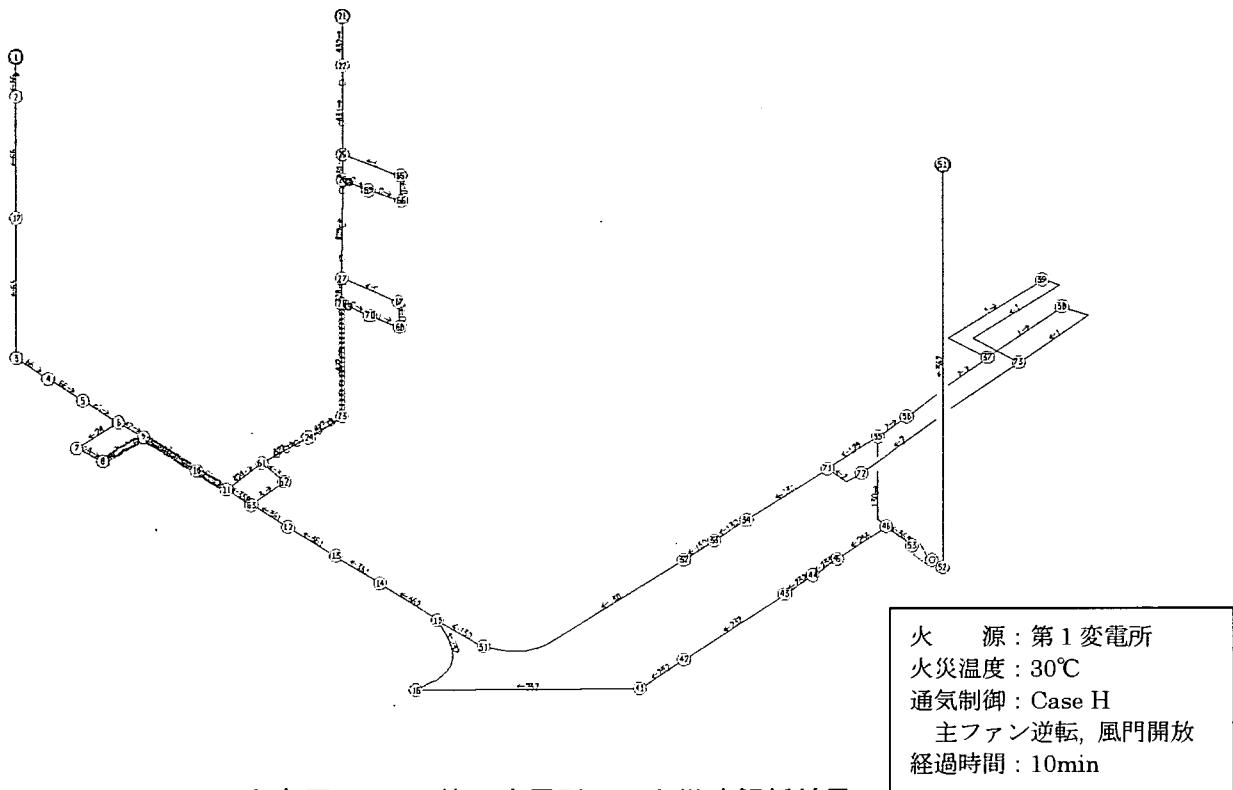


参考図 1・79 第 1 変電所での火災時解析結果

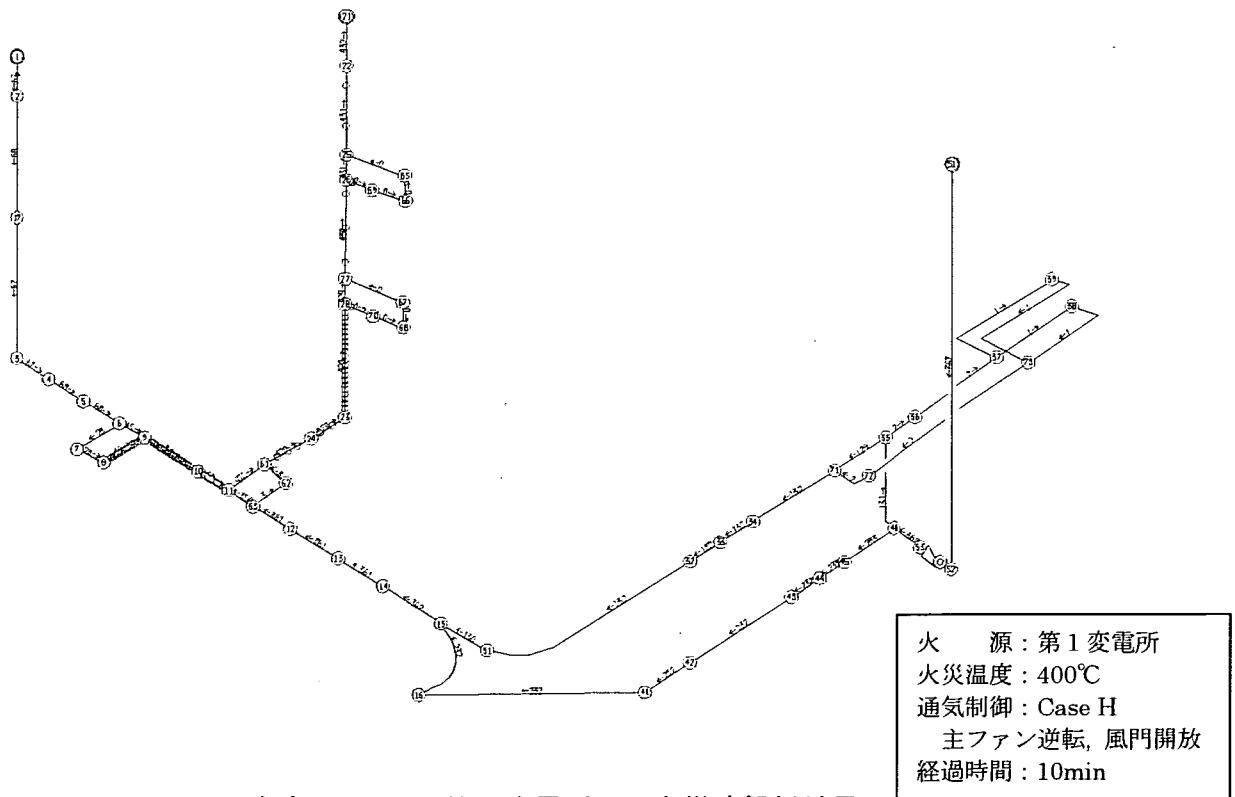


参考図 1・80 第 1 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

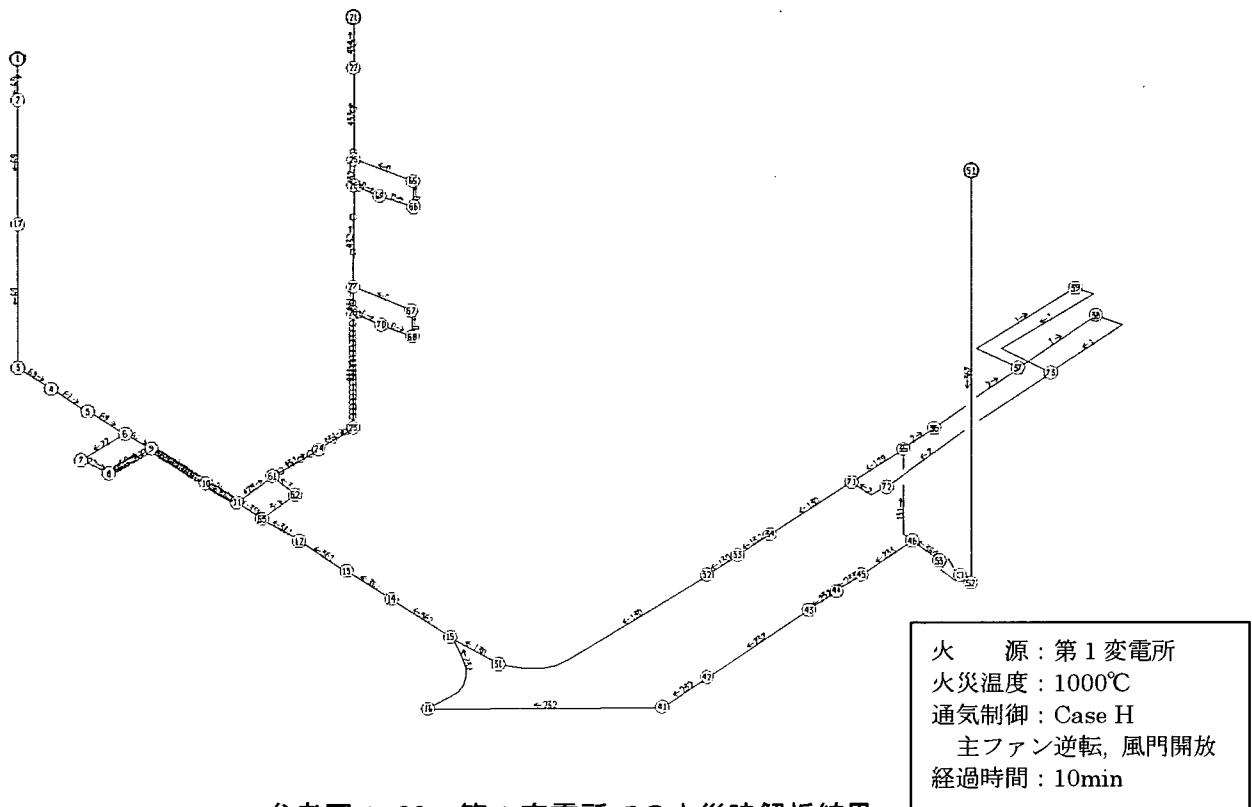


参考図 1・81 第 1 変電所での火災時解析結果

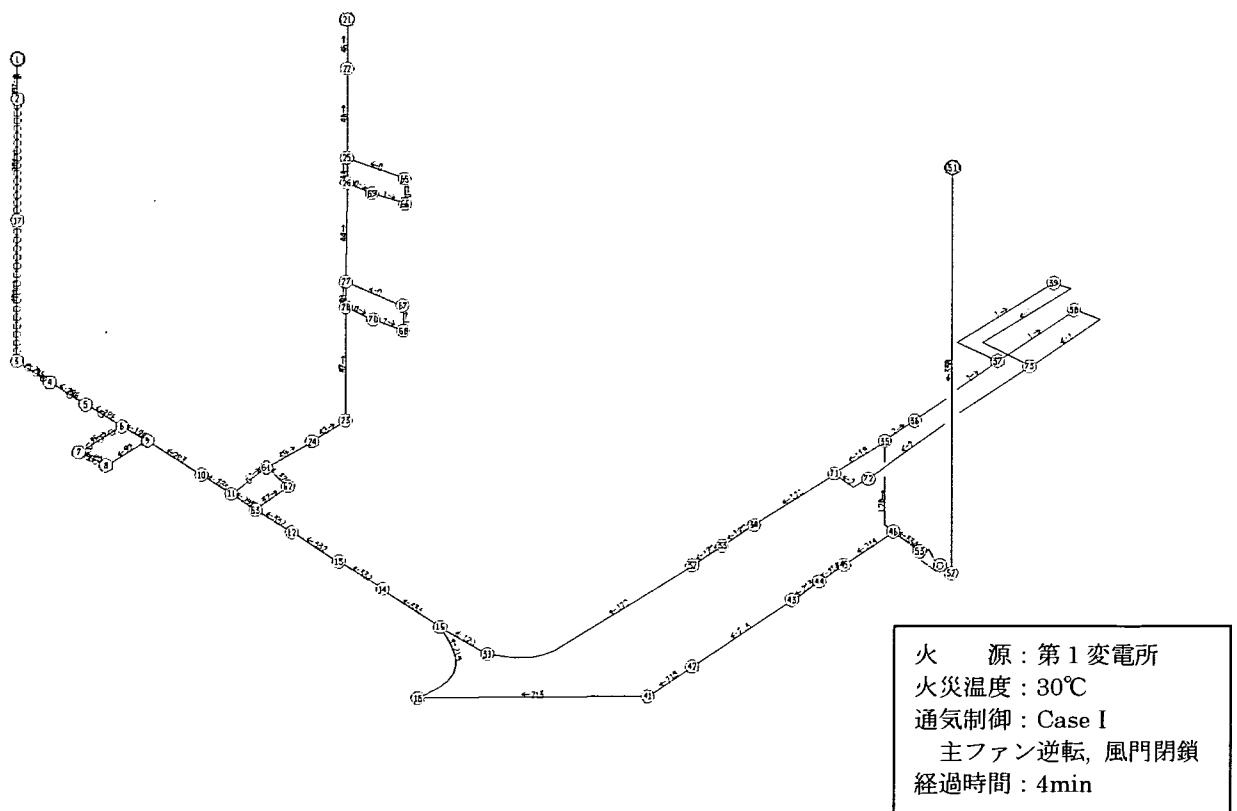


参考図 1・82 第 1 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

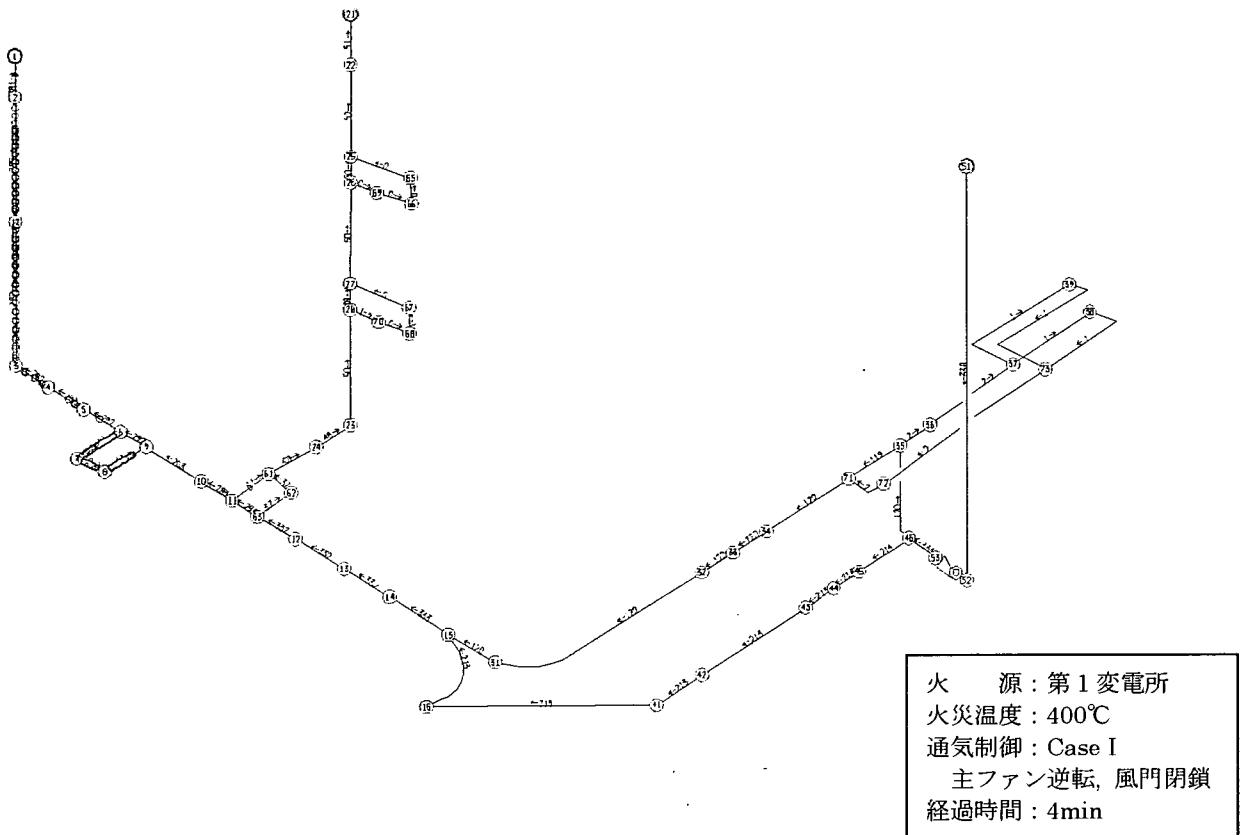


参考図 1・83 第 1 変電所での火災時解析結果

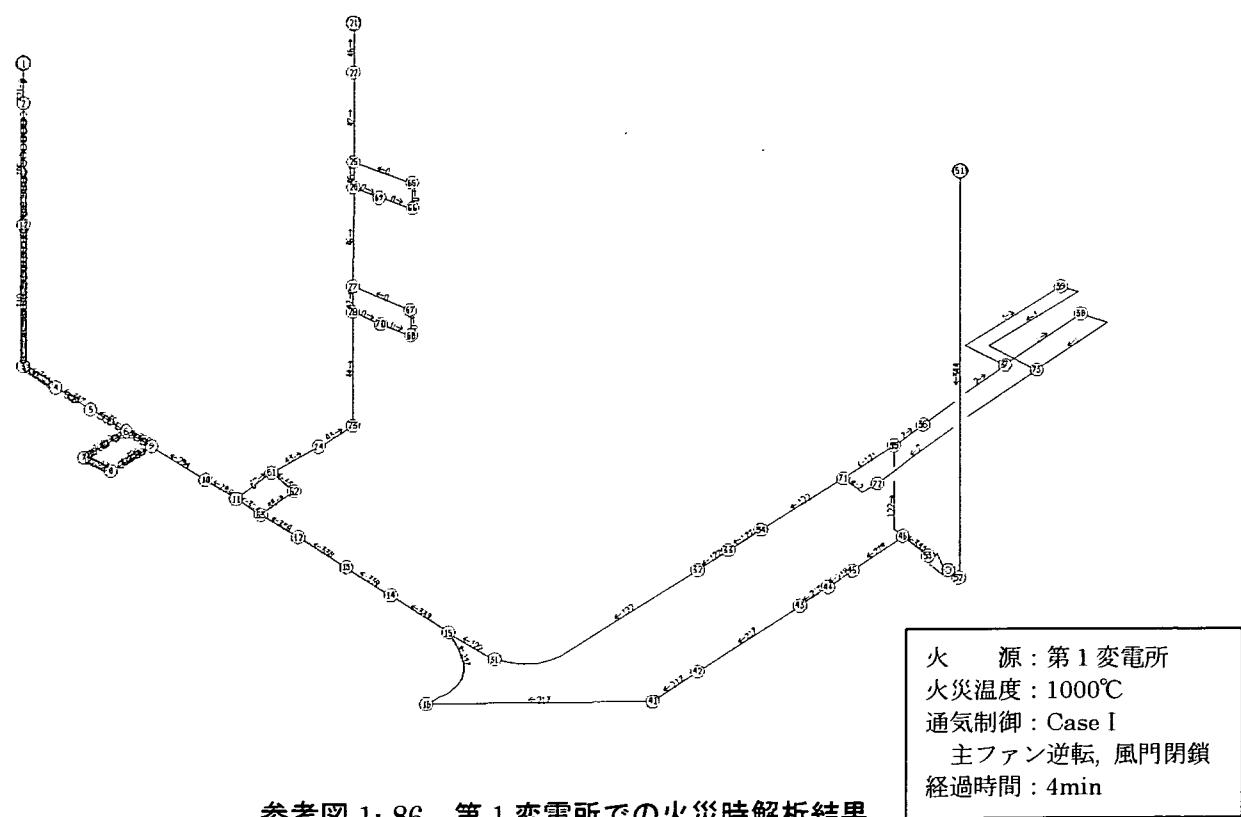


参考図 1・84 第 1 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

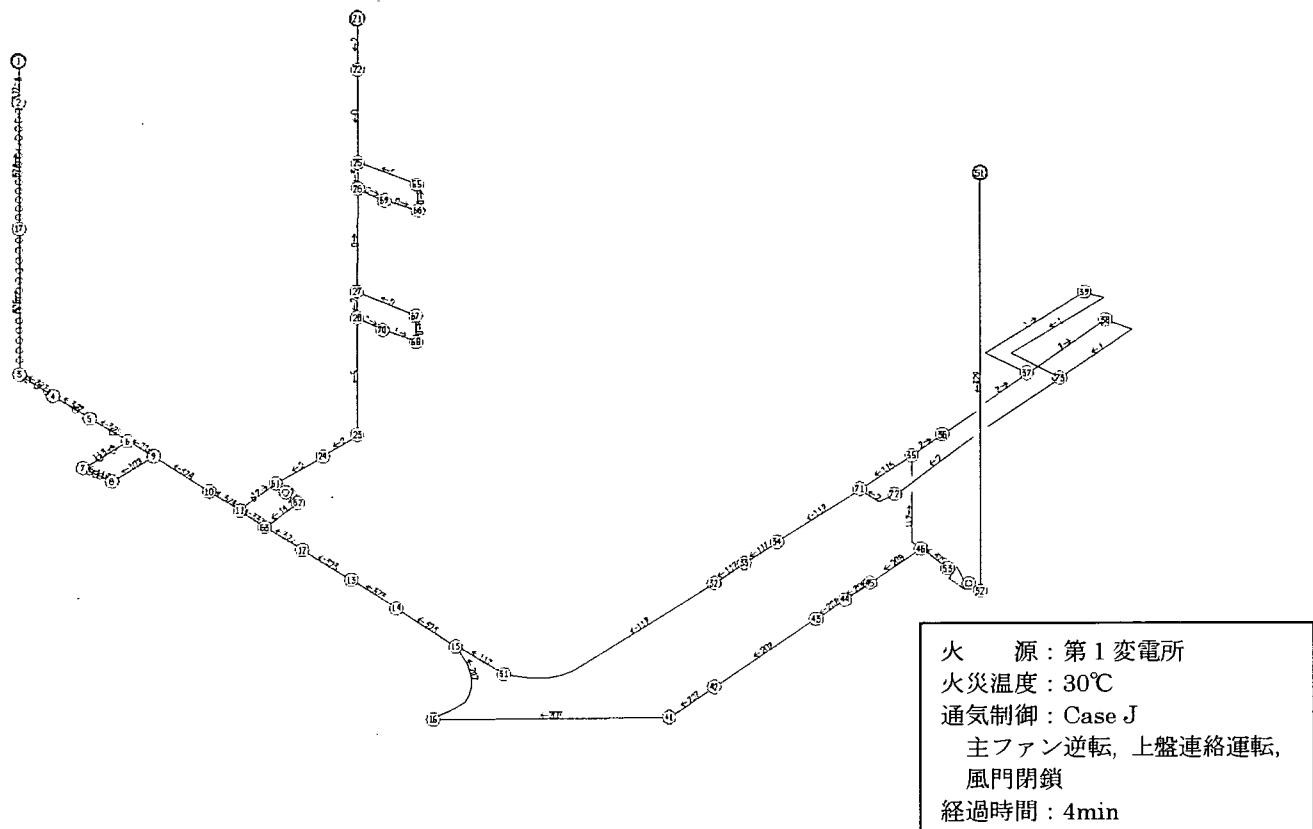


参考図 1・85 第 1 変電所での火災時解析結果

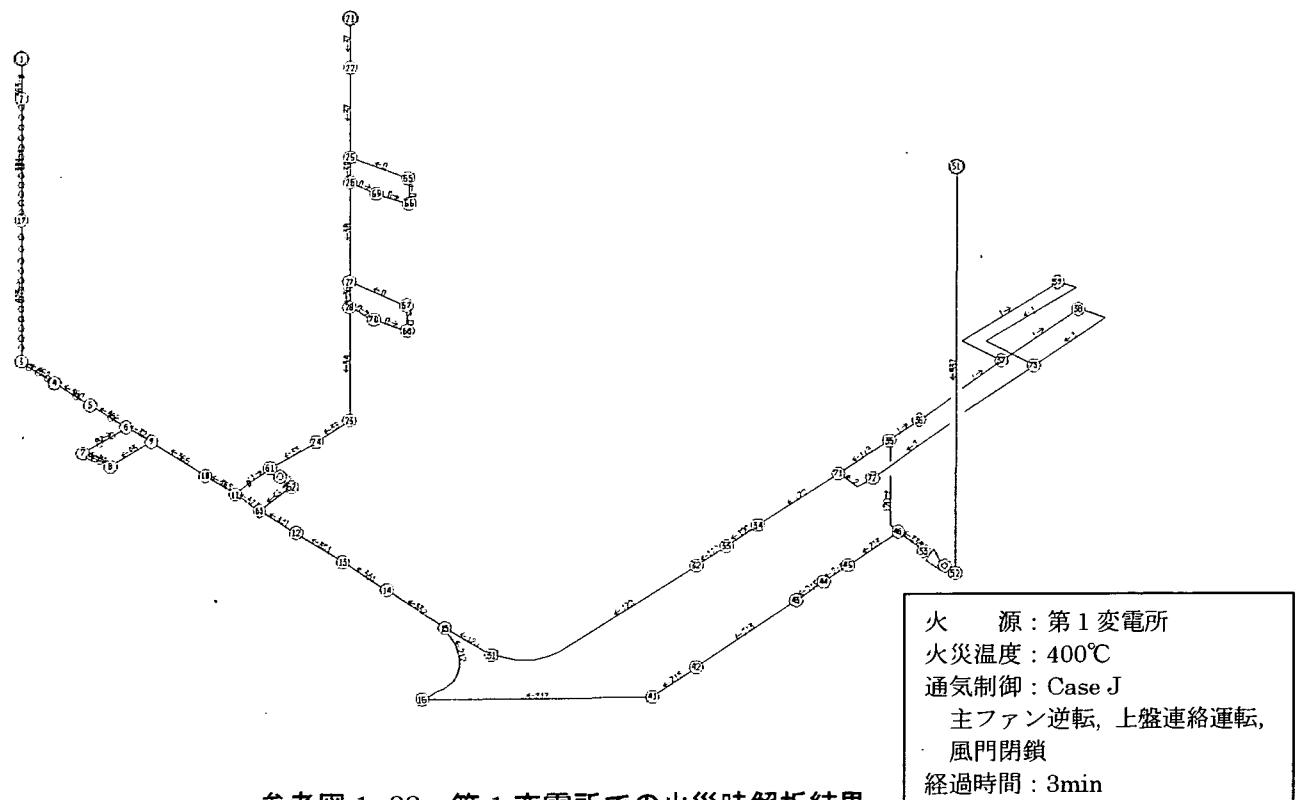


参考図 1・86 第 1 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

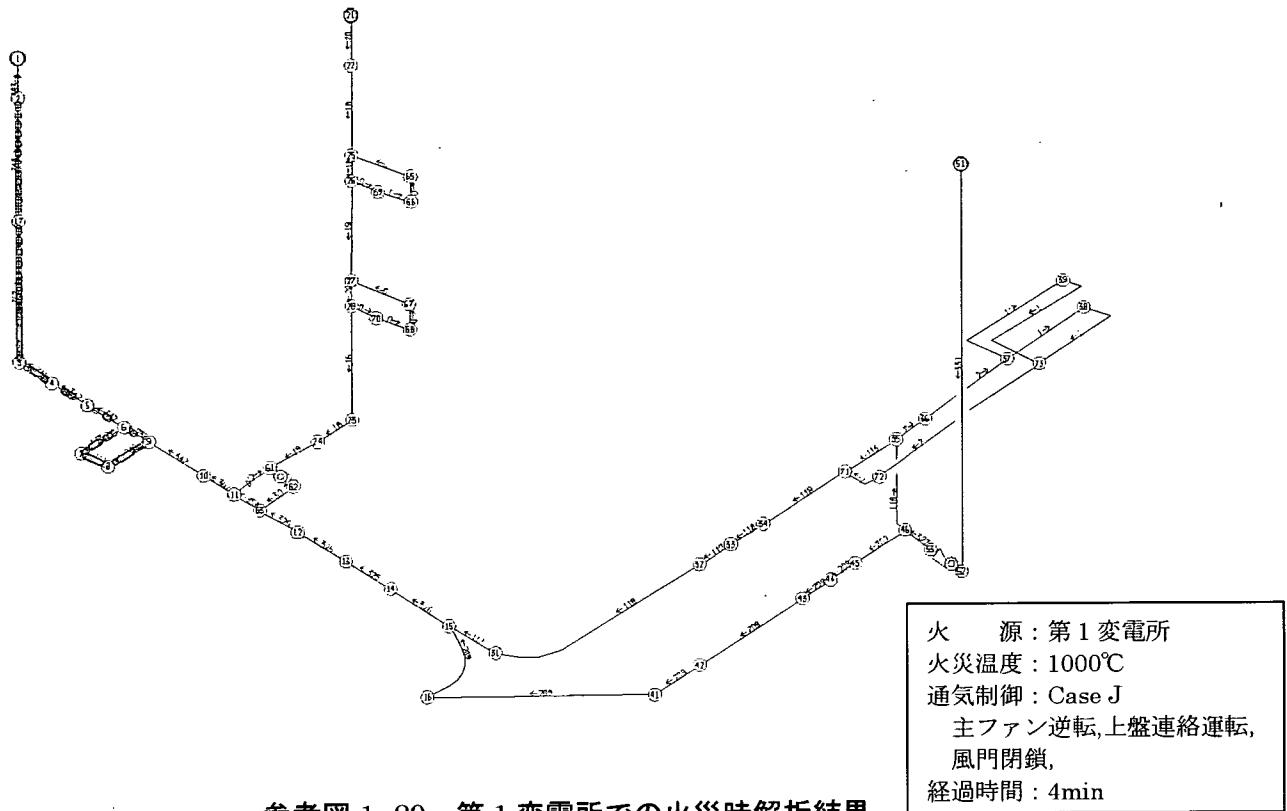


参考図 1-87 第1変電所での火災時解析結果

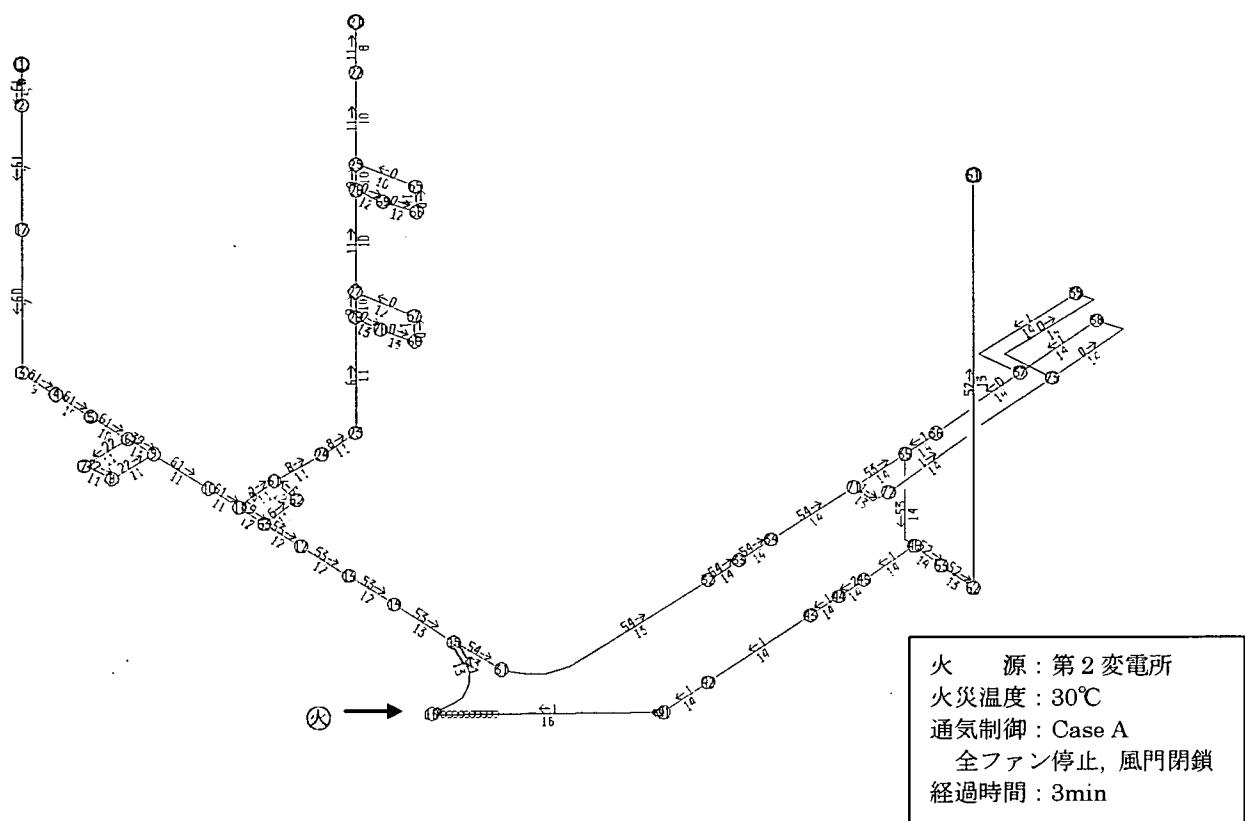


参考図 1-88 第1変電所での火災時解析結果

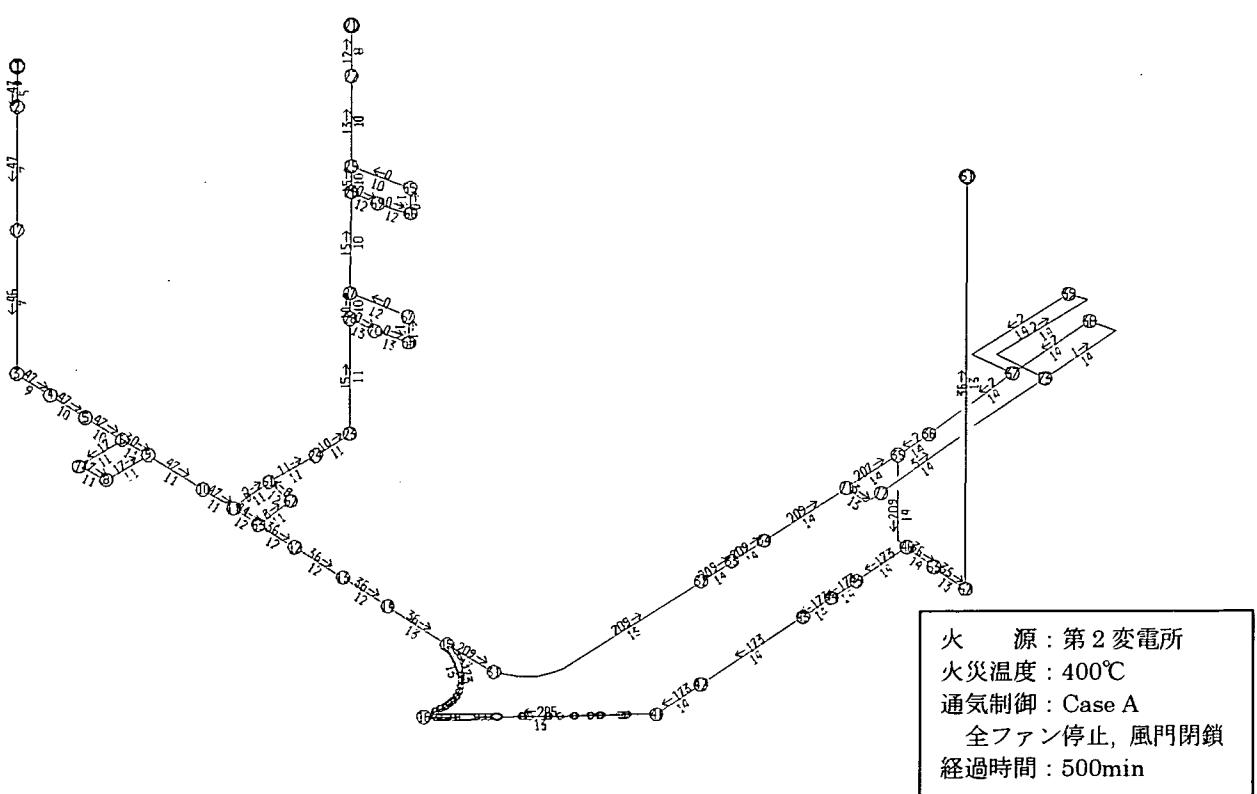
参考資料 1



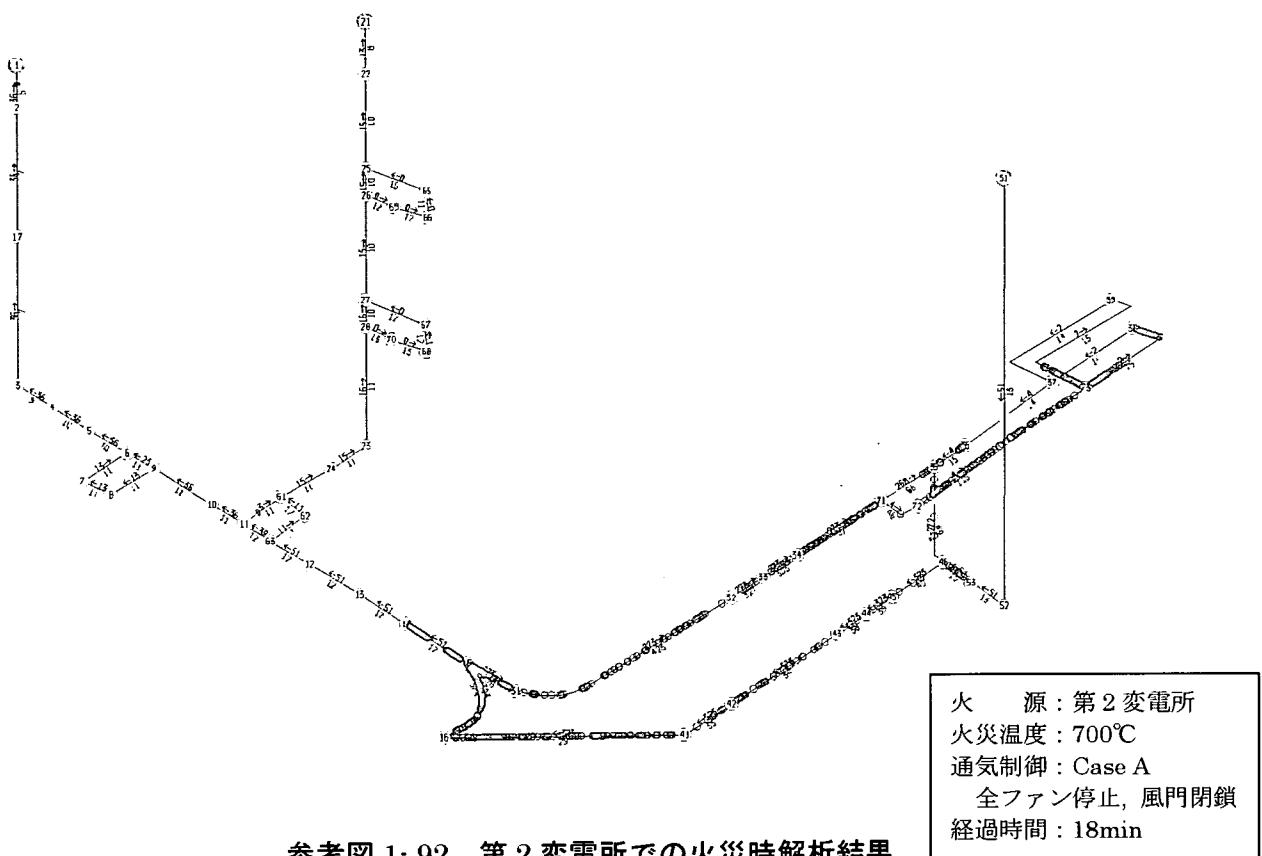
參考資料 1



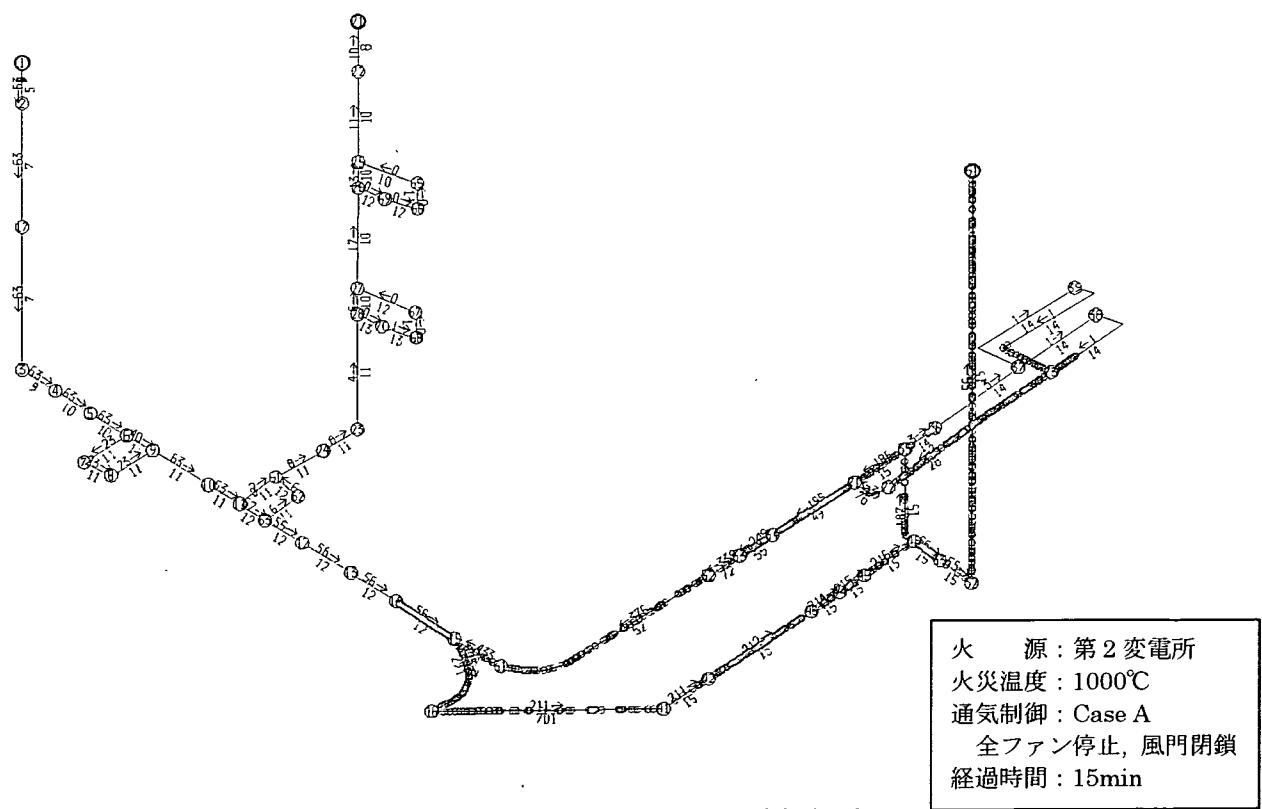
参考図 1-90 第 2 変電所での火災時解析結果



参考図 1-91 第 2 変電所での火災時解析結果

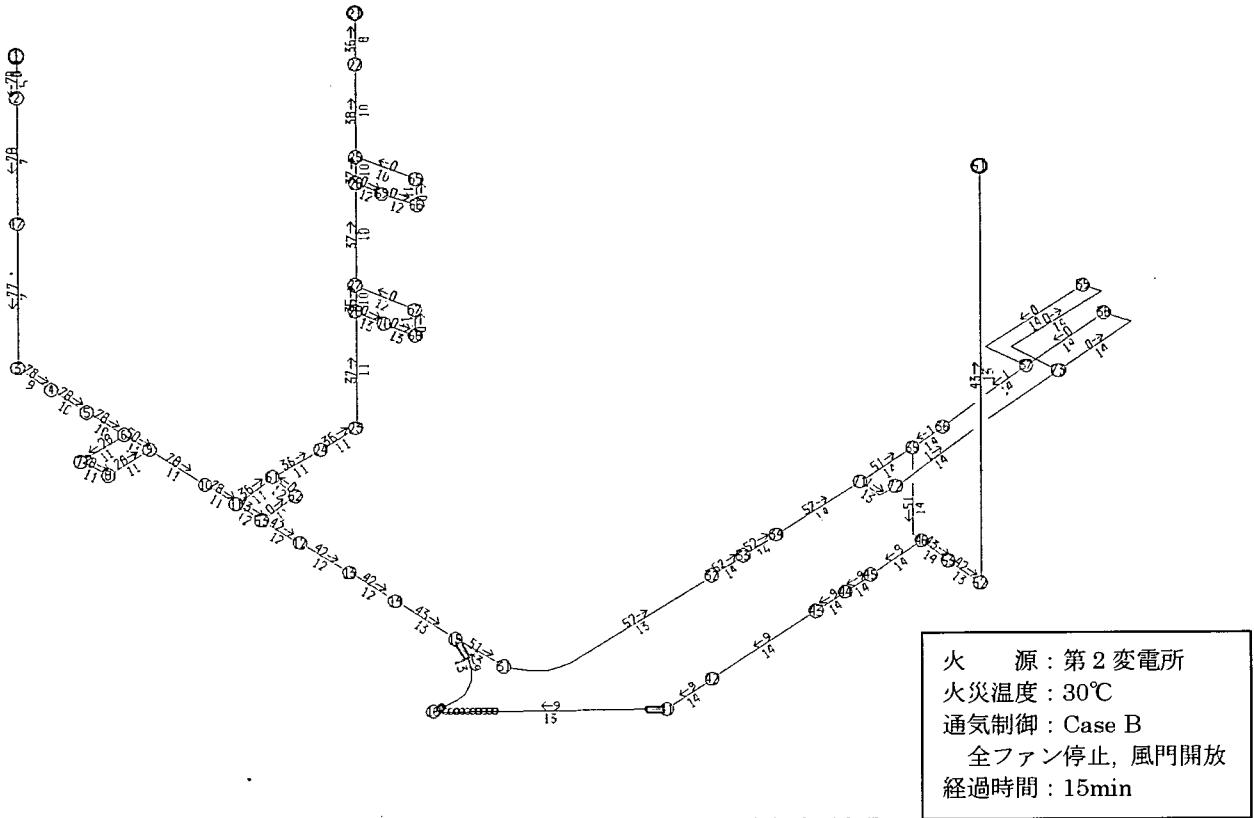


参考図 1-92 第2変電所での火災時解析結果

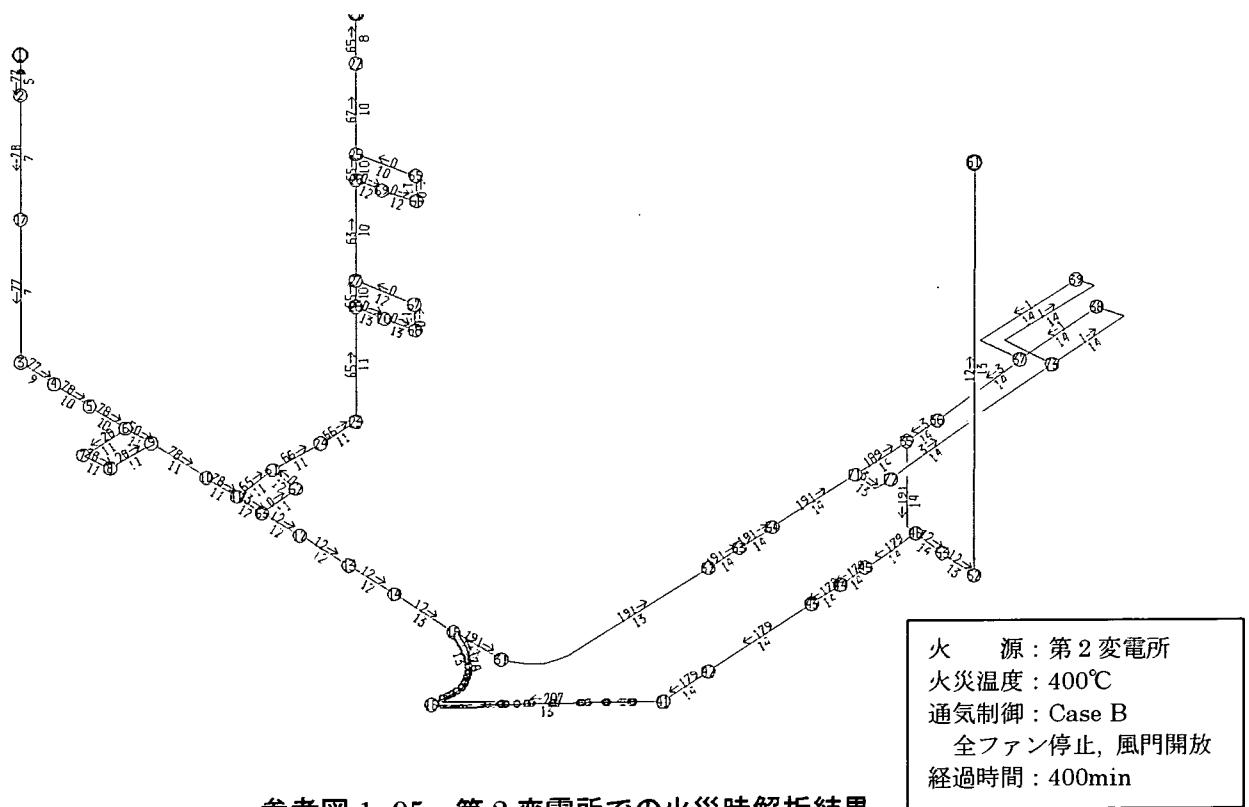


参考図 1-93 第2変電所での火災時解析結果

参考資料 1

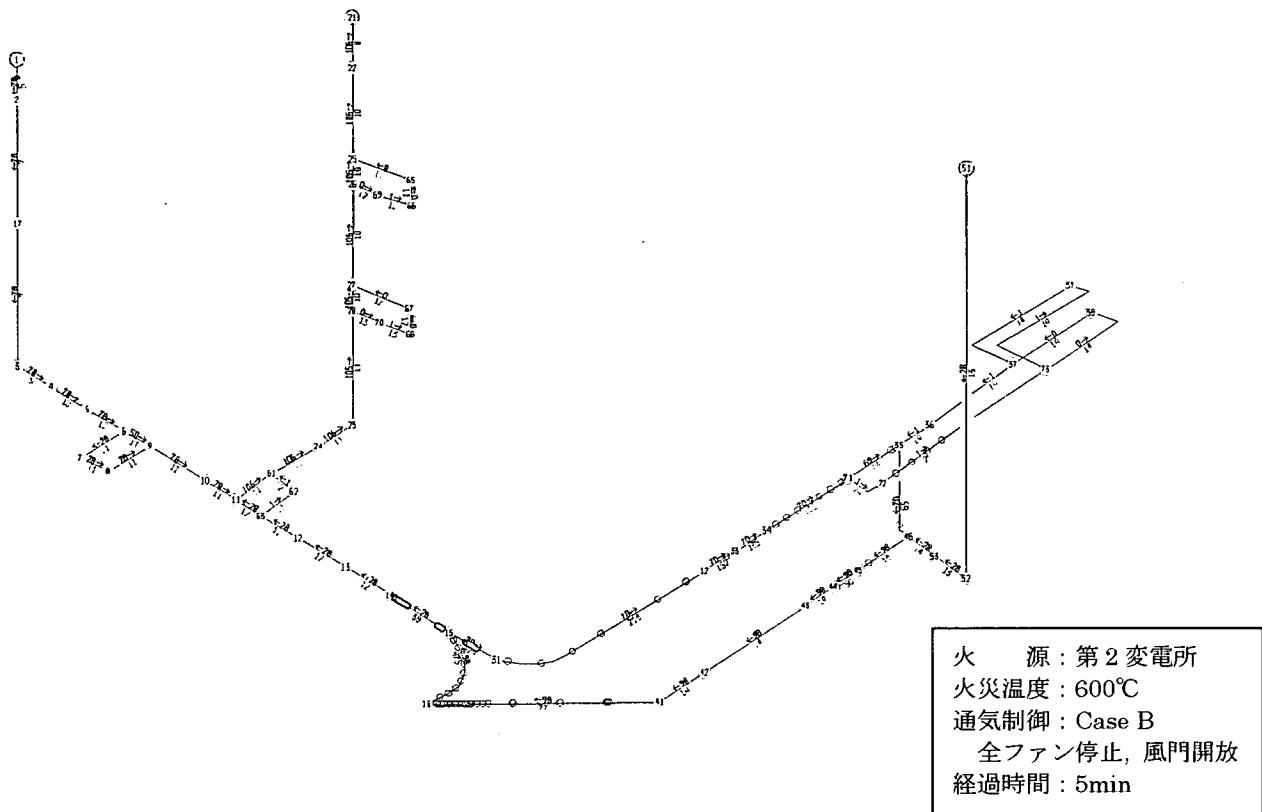


参考図 1-94 第 2 変電所での火災時解析結果

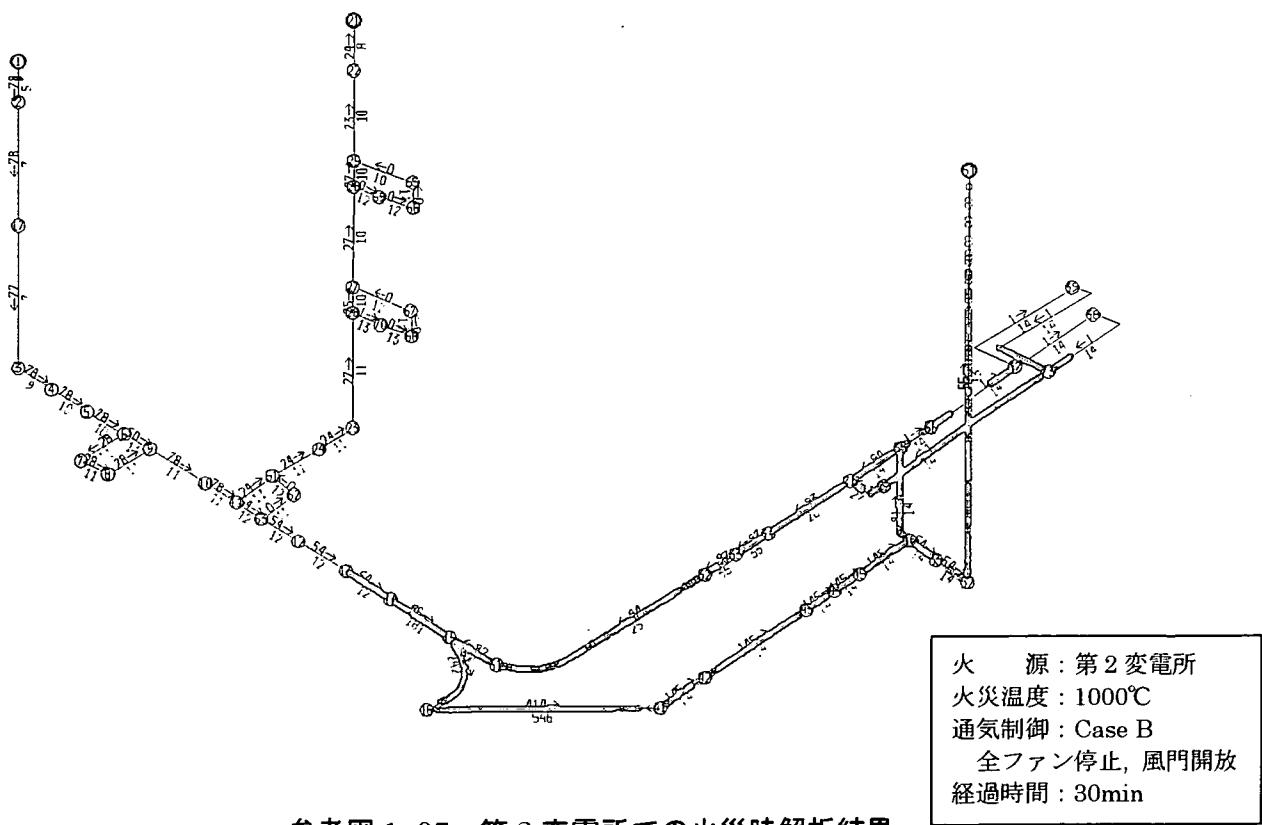


参考図 1-95 第 2 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

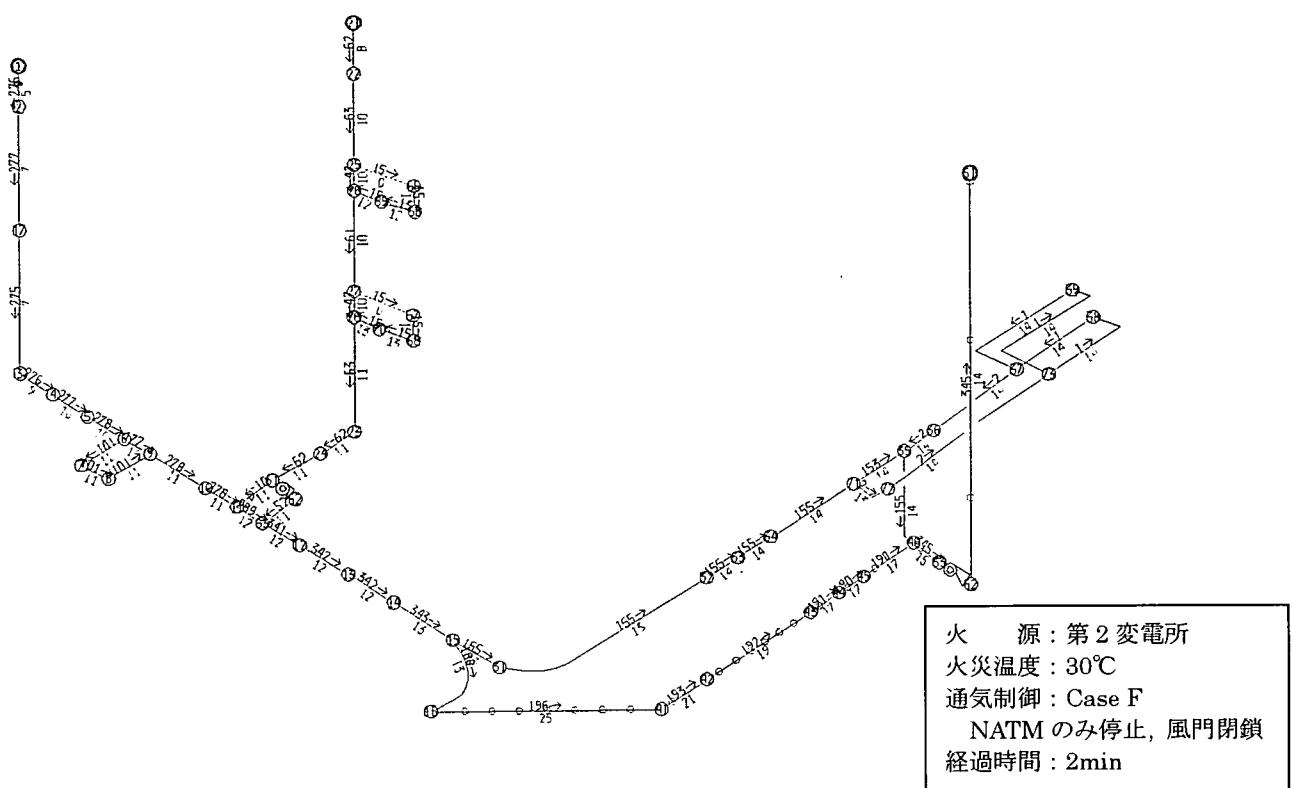


参考図 1-96 第 2 変電所での火災時解析結果



参考図 1-97 第 2 変電所での火災時解析結果

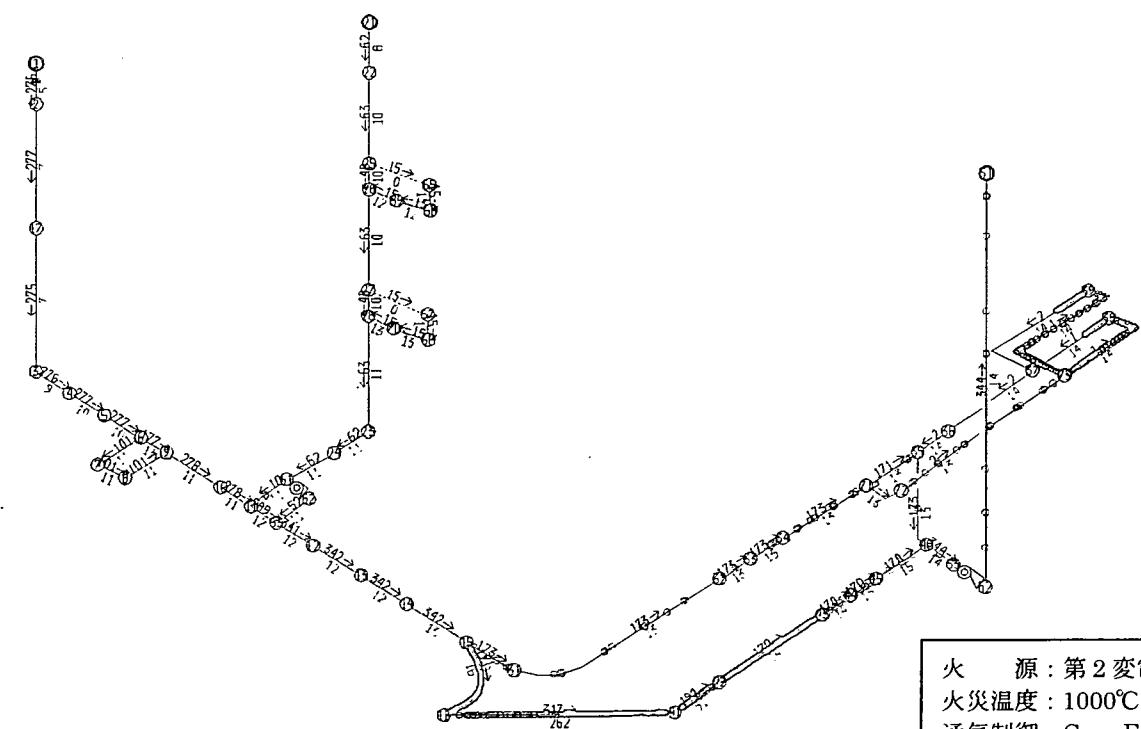
参考資料 1



参考資料 1

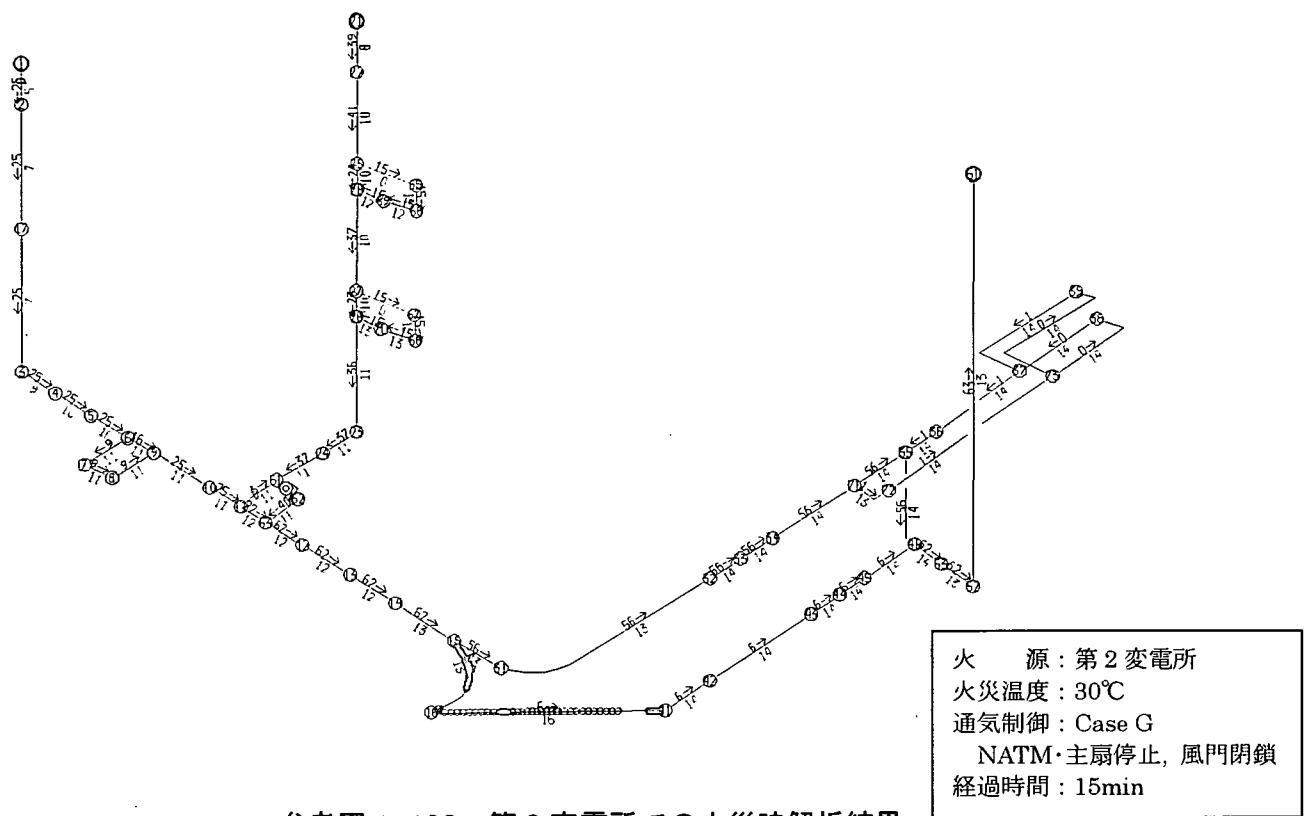


参考図 1-100 第 2 変電所での火災時解析結果

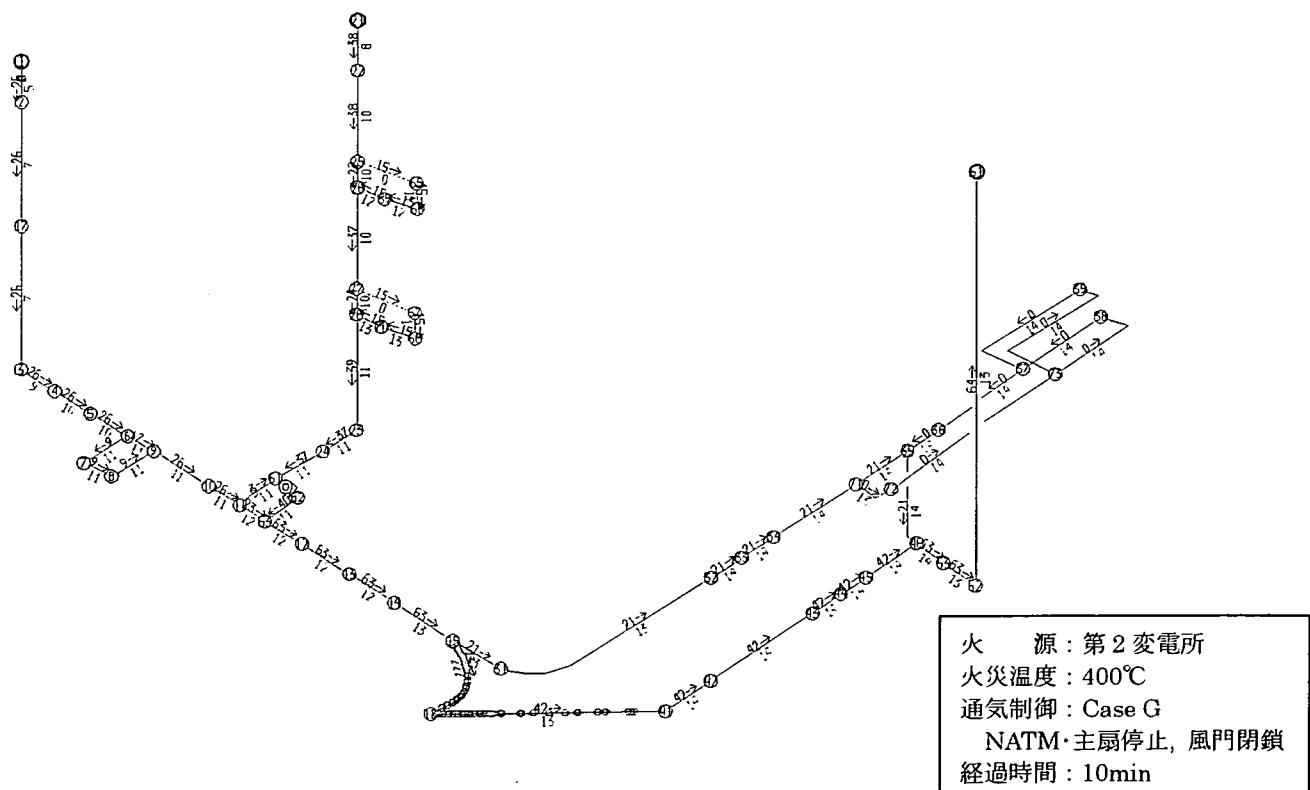


参考図 1-101 第 2 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

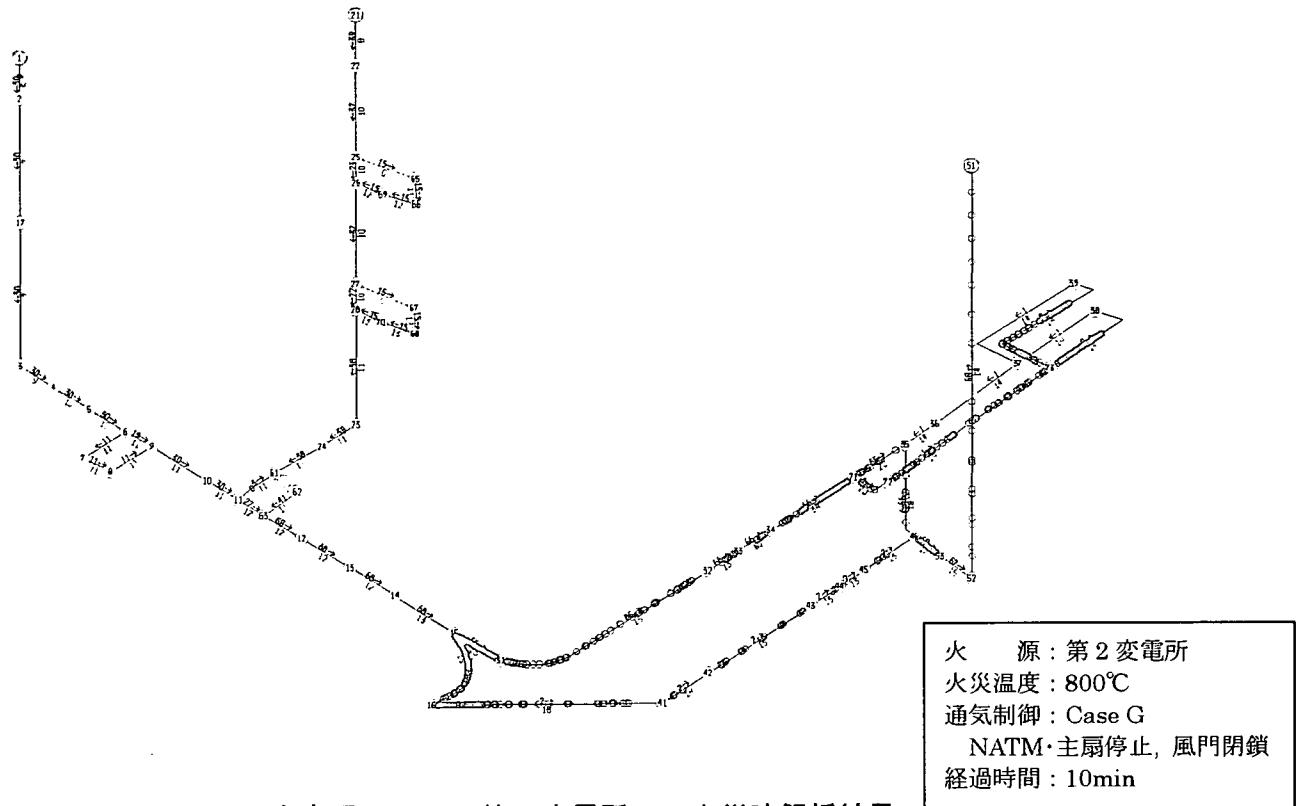


参考図 1-102 第 2 変電所での火災時解析結果

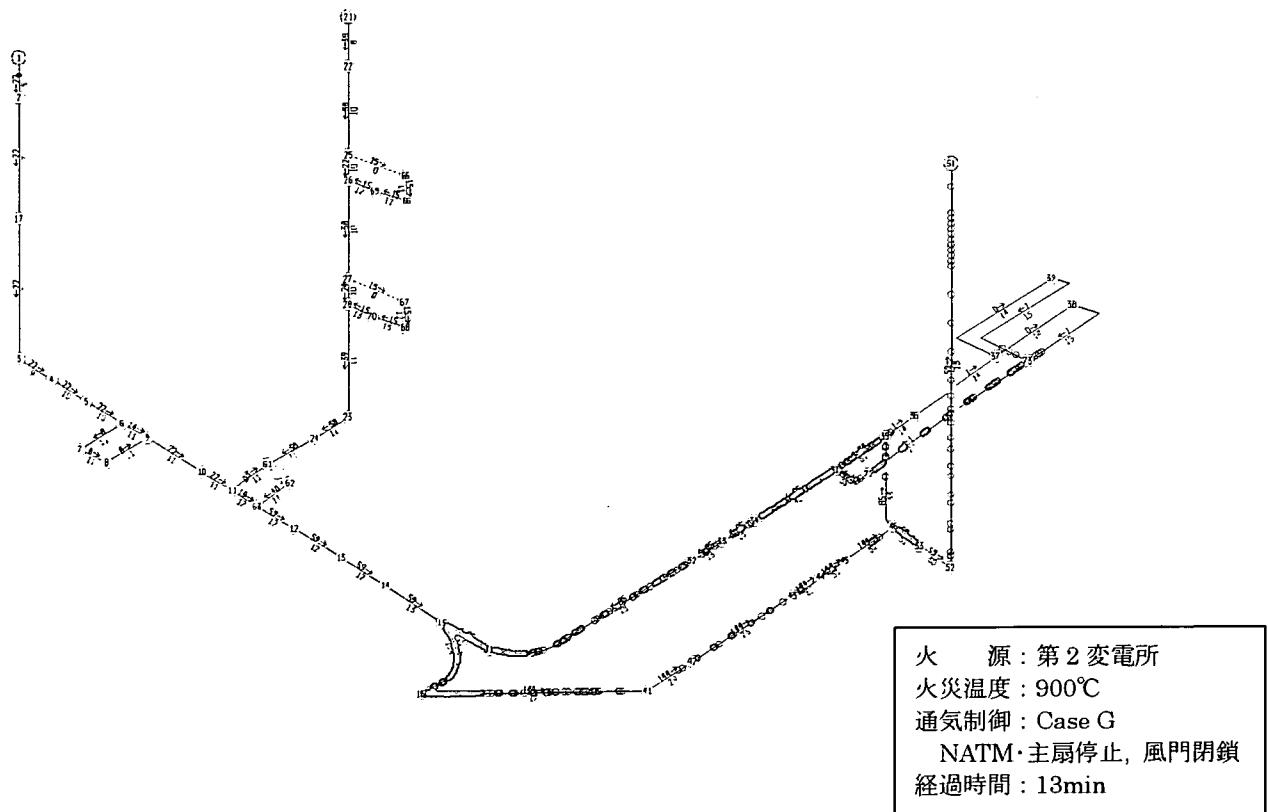


参考図 1-103 第 2 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

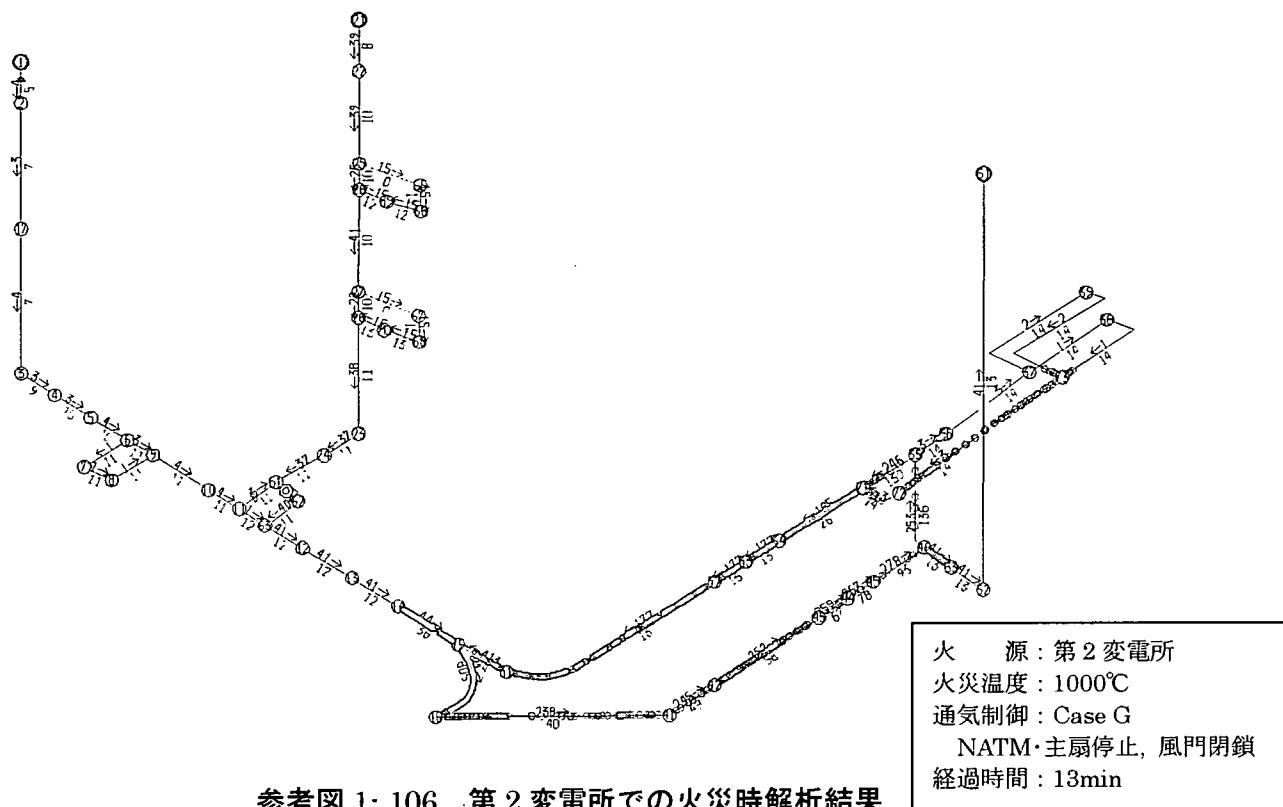


参考図 1-104 第 2 変電所での火災時解析結果

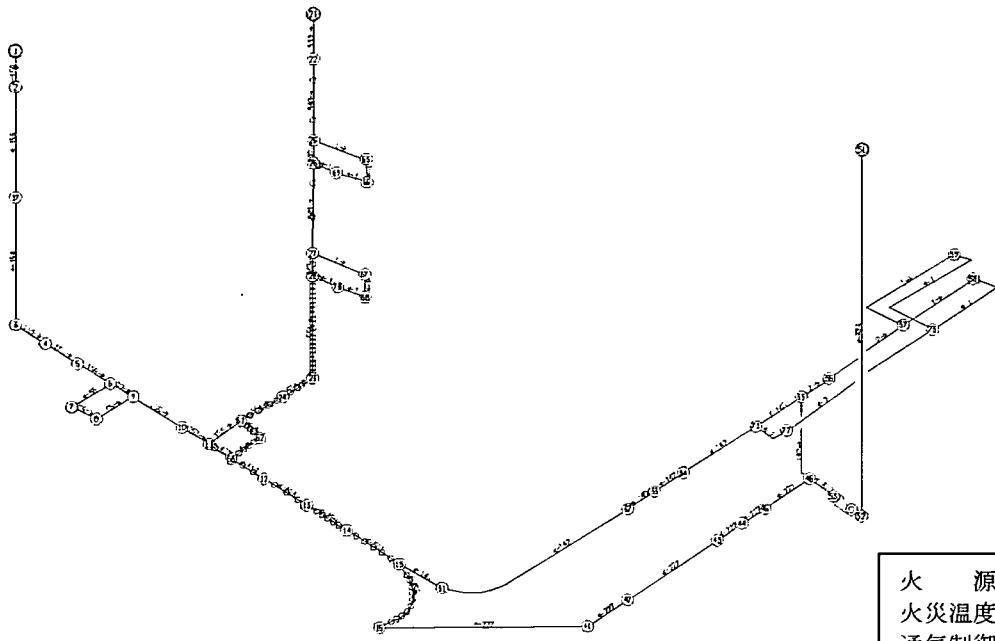


参考図 1-105 第 2 変電所での火災時解析結果

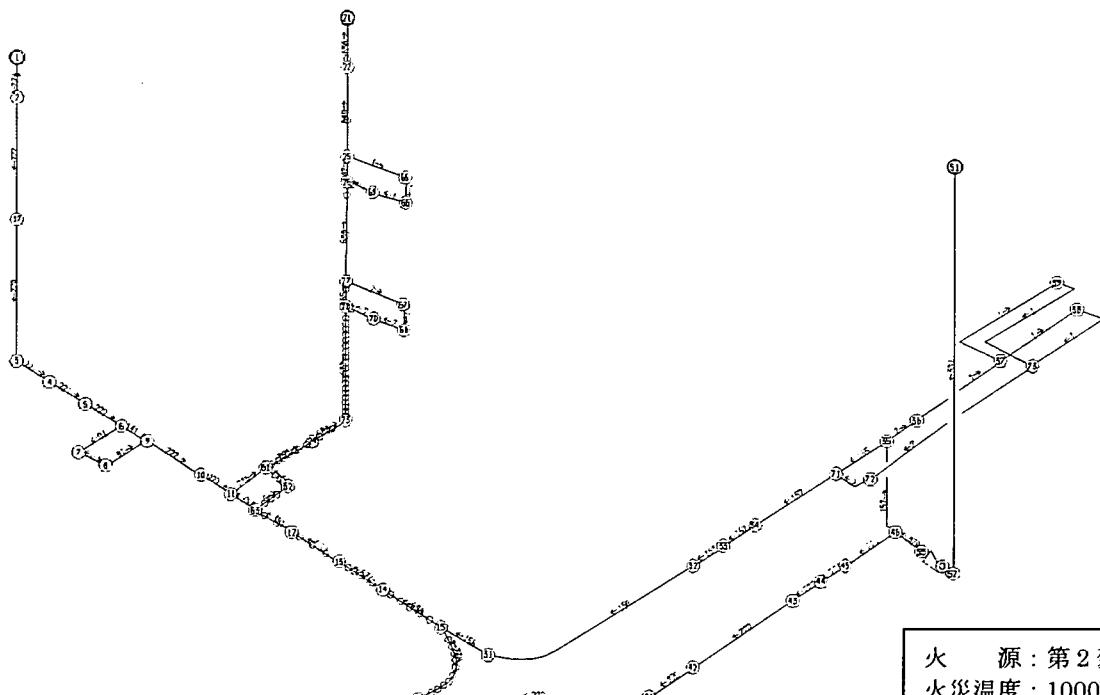
参考資料 1



参考資料 1

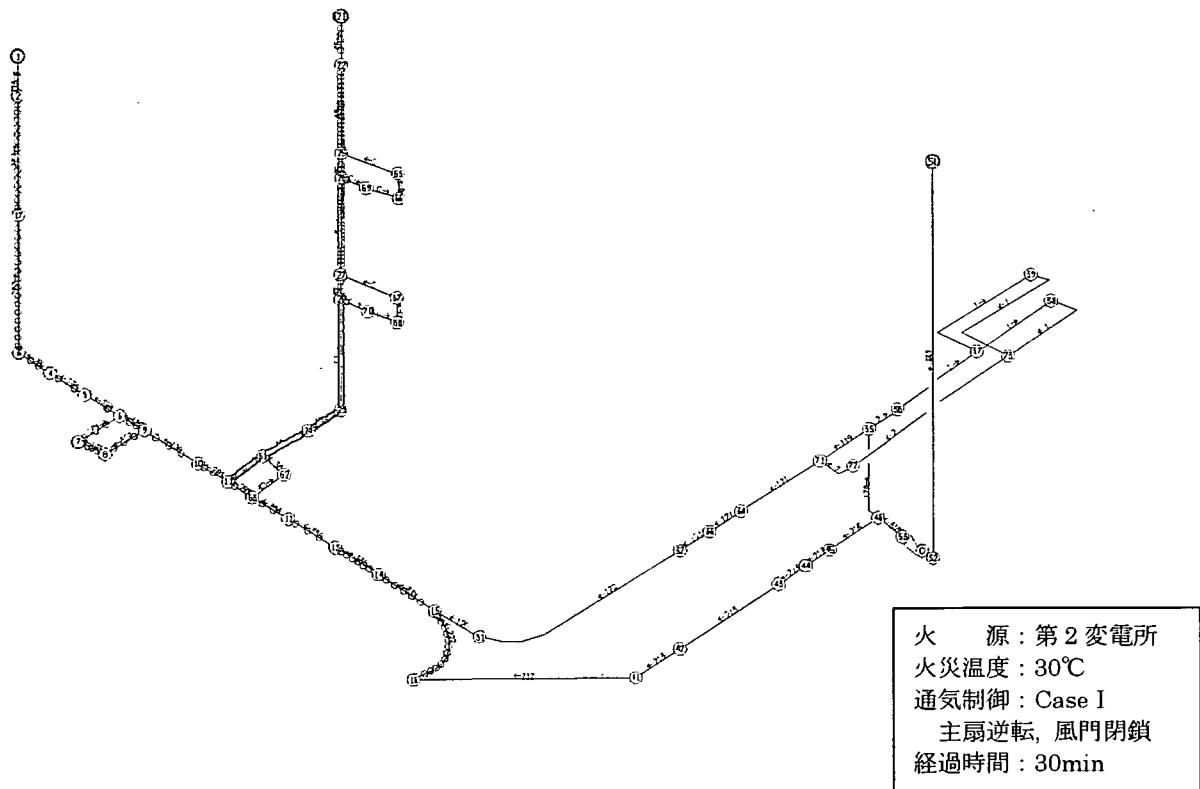


参考図 1-108 第 2 変電所での火災時解析結果

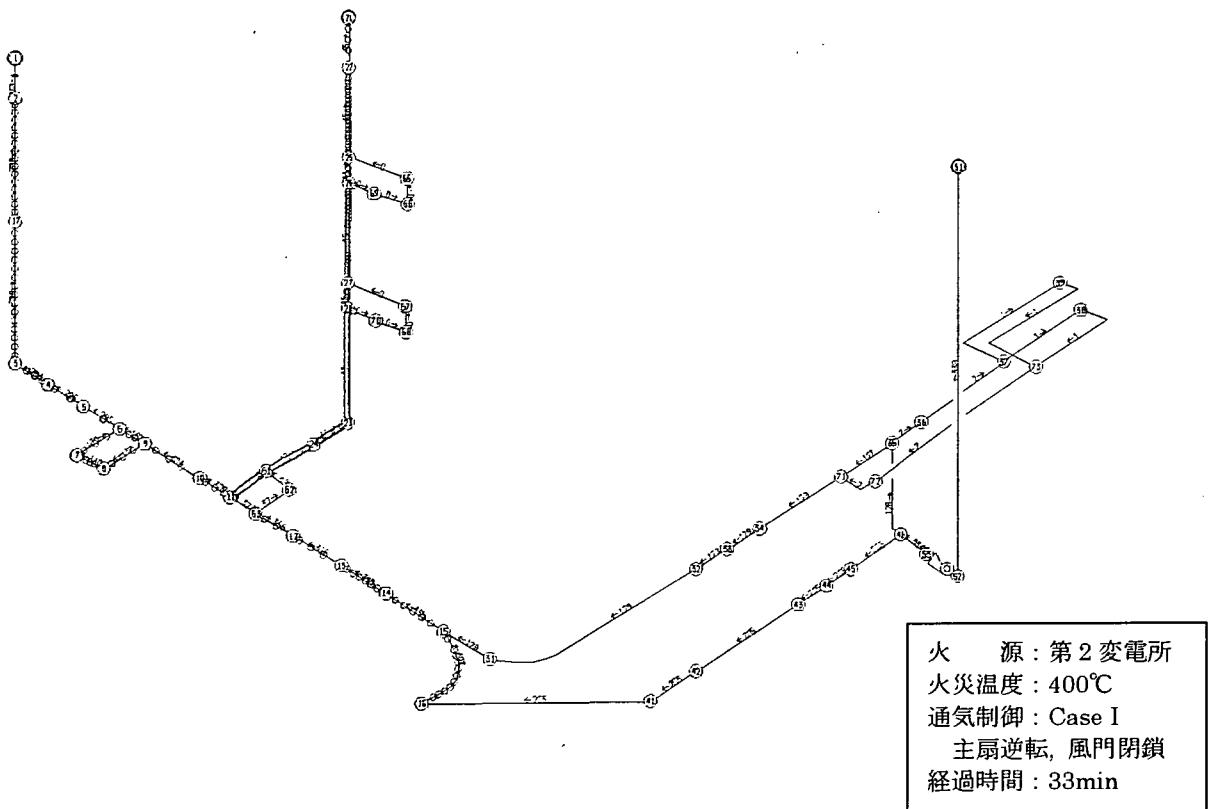


参考図 1-109 第 2 変電所での火災時解析結果

参考資料 1

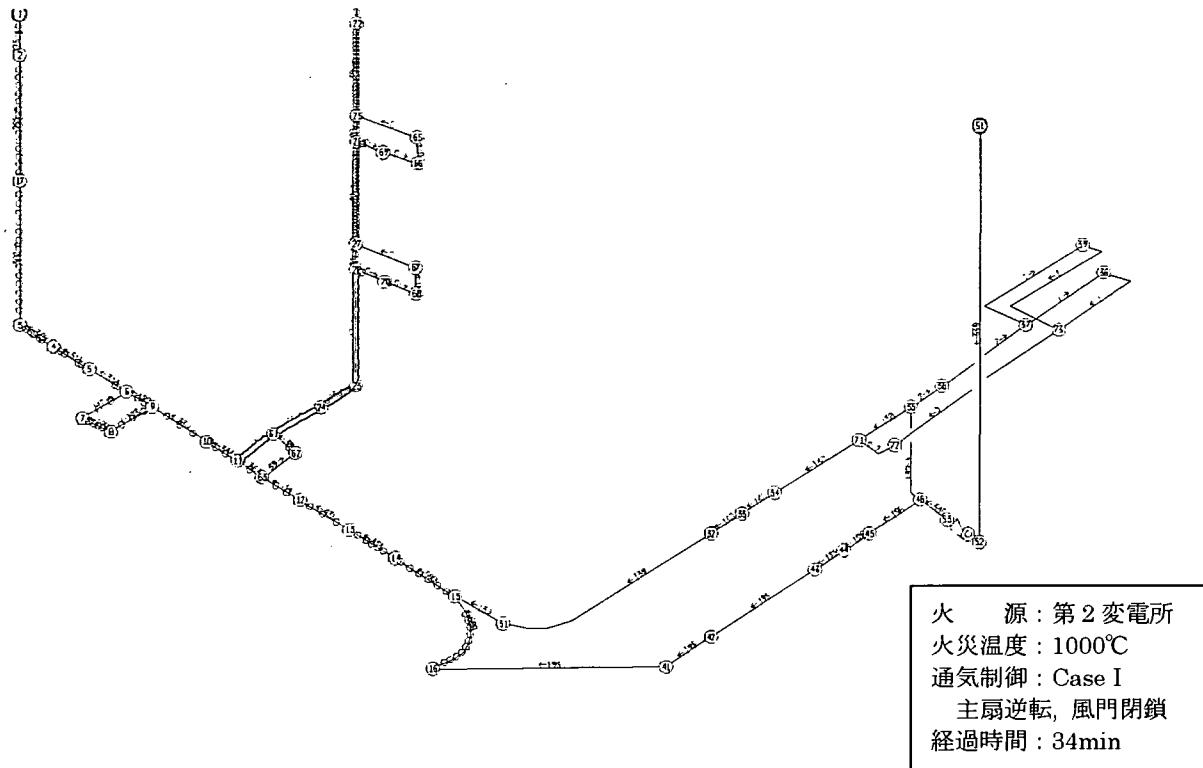


参考図 1-110 第2変電所での火災時解析結果

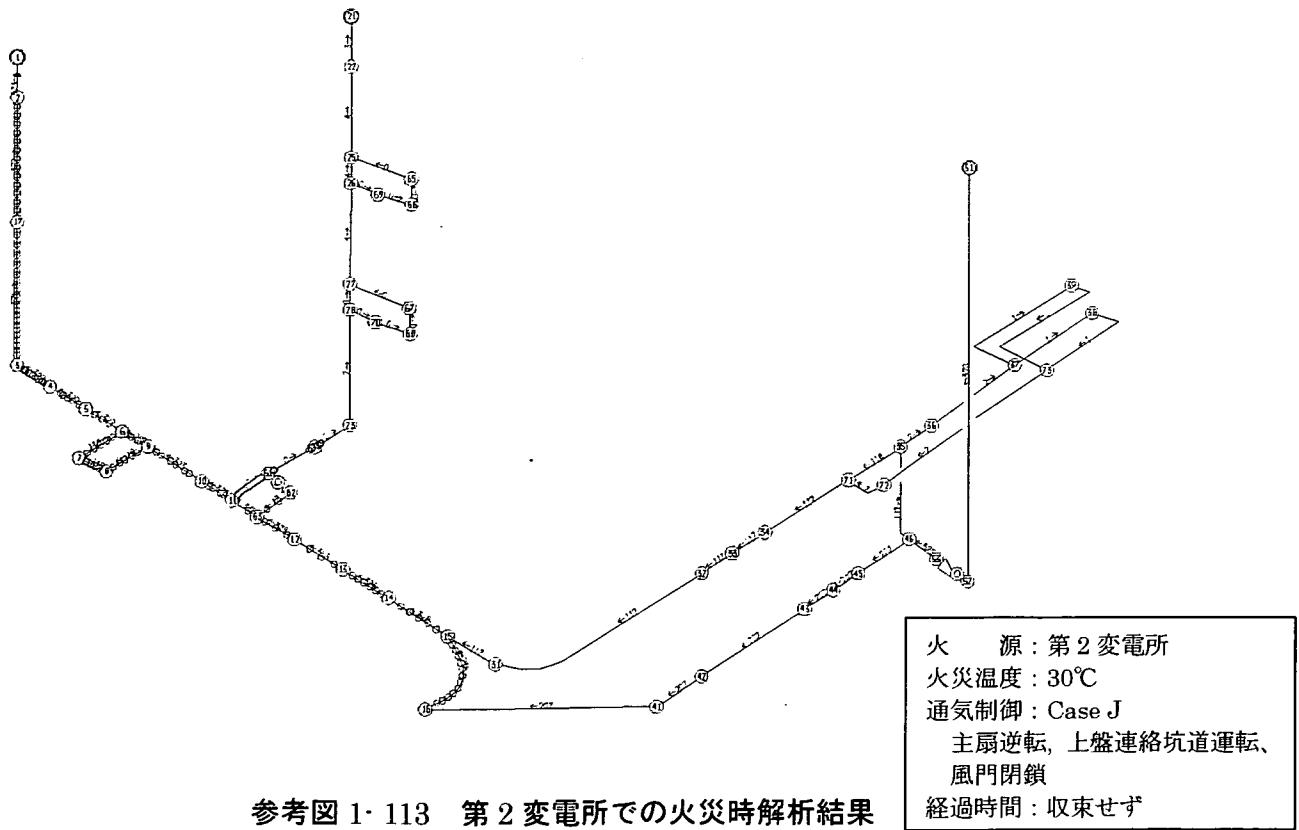


参考図 1-111 第2変電所での火災時解析結果

参考資料 1

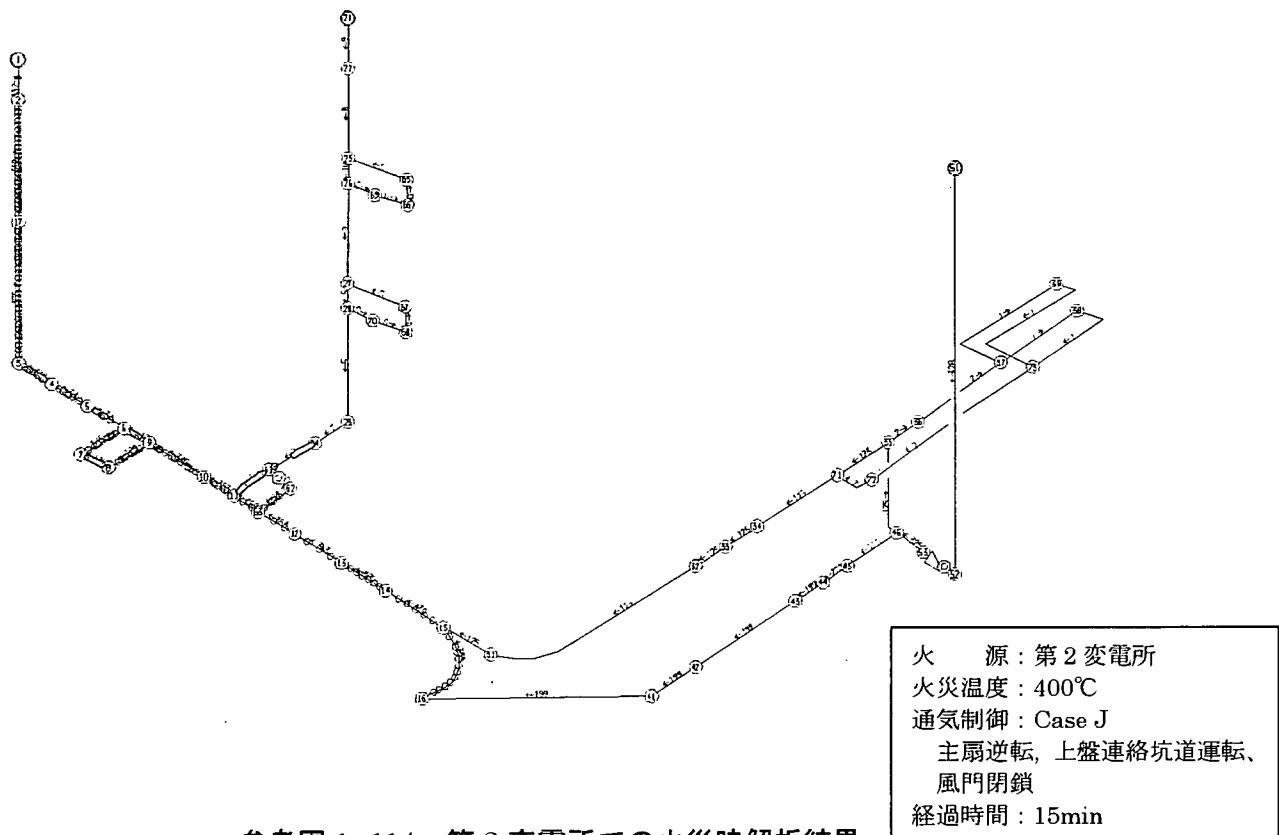


参考図 1-112 第2変電所での火災時解析結果

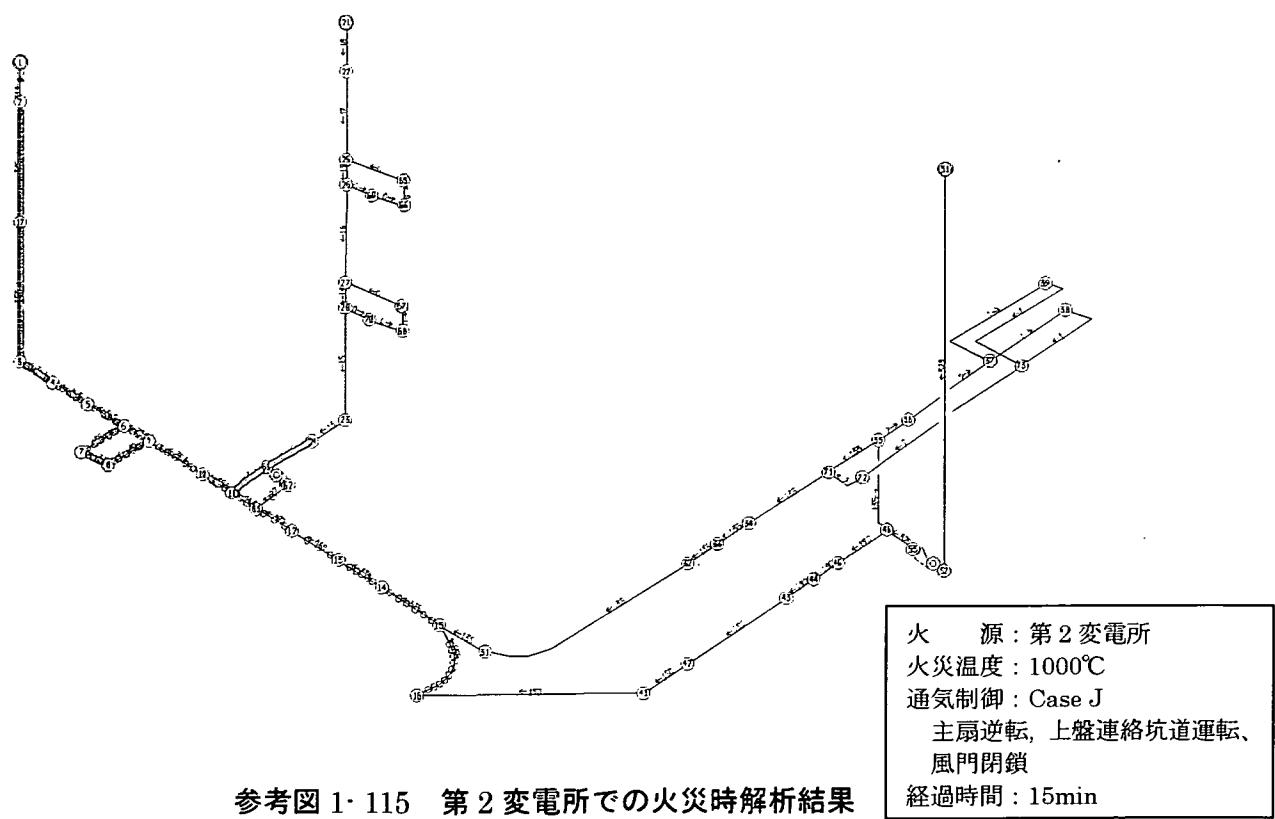


参考図 1-113 第2変電所での火災時解析結果

参考資料 1

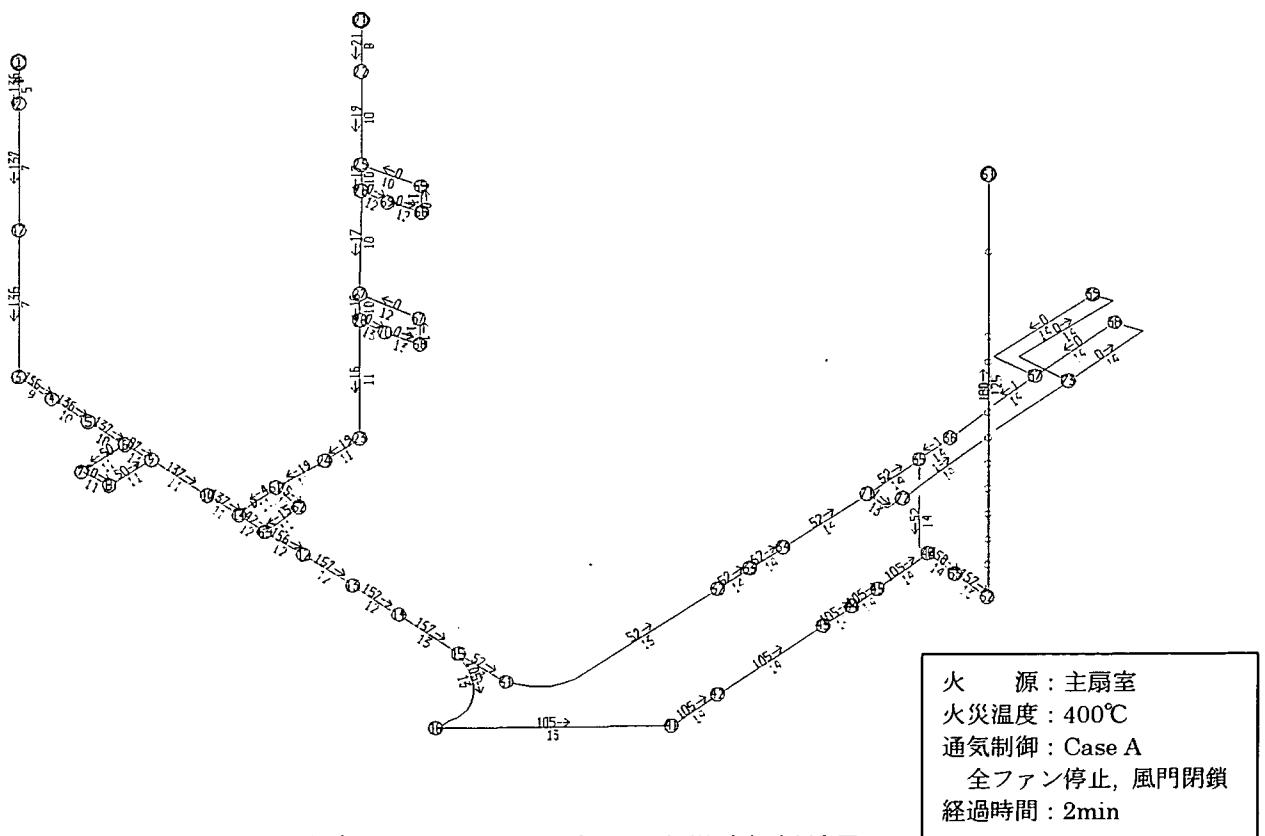
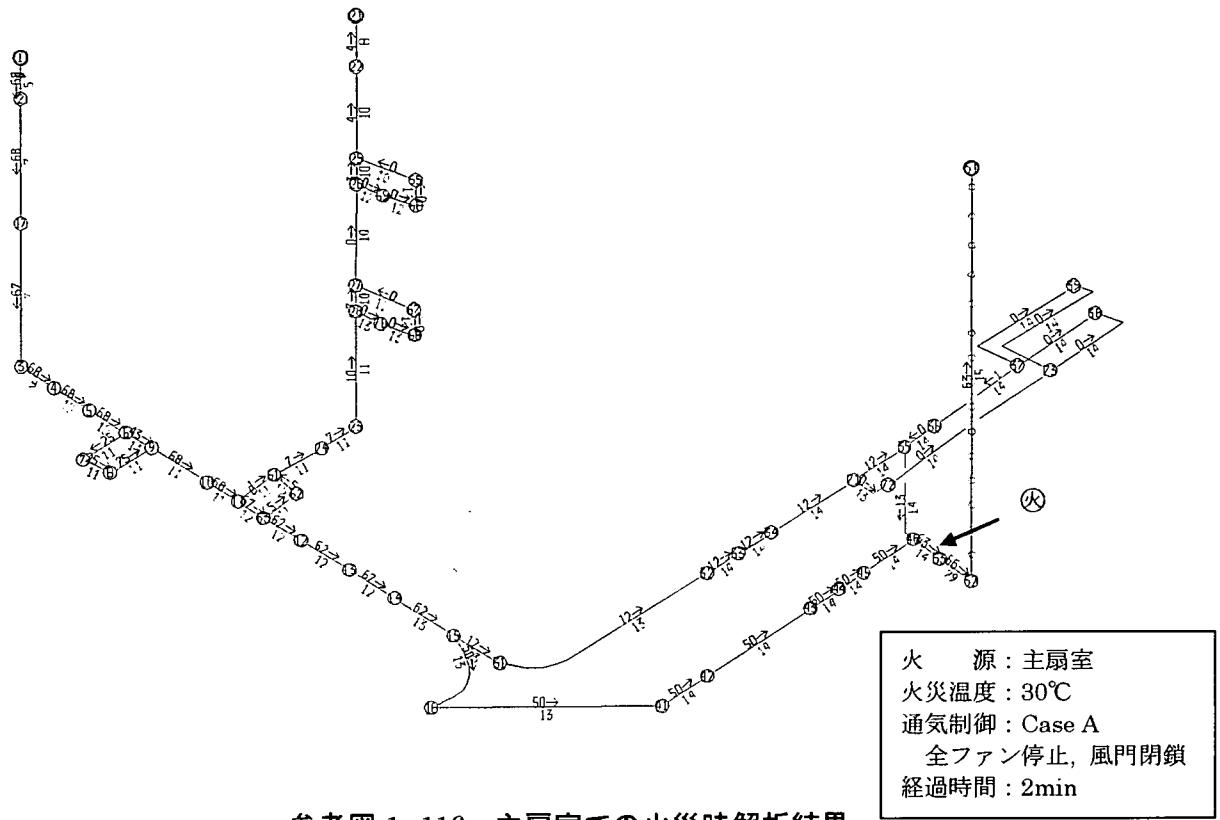


参考図 1-114 第 2 変電所での火災時解析結果

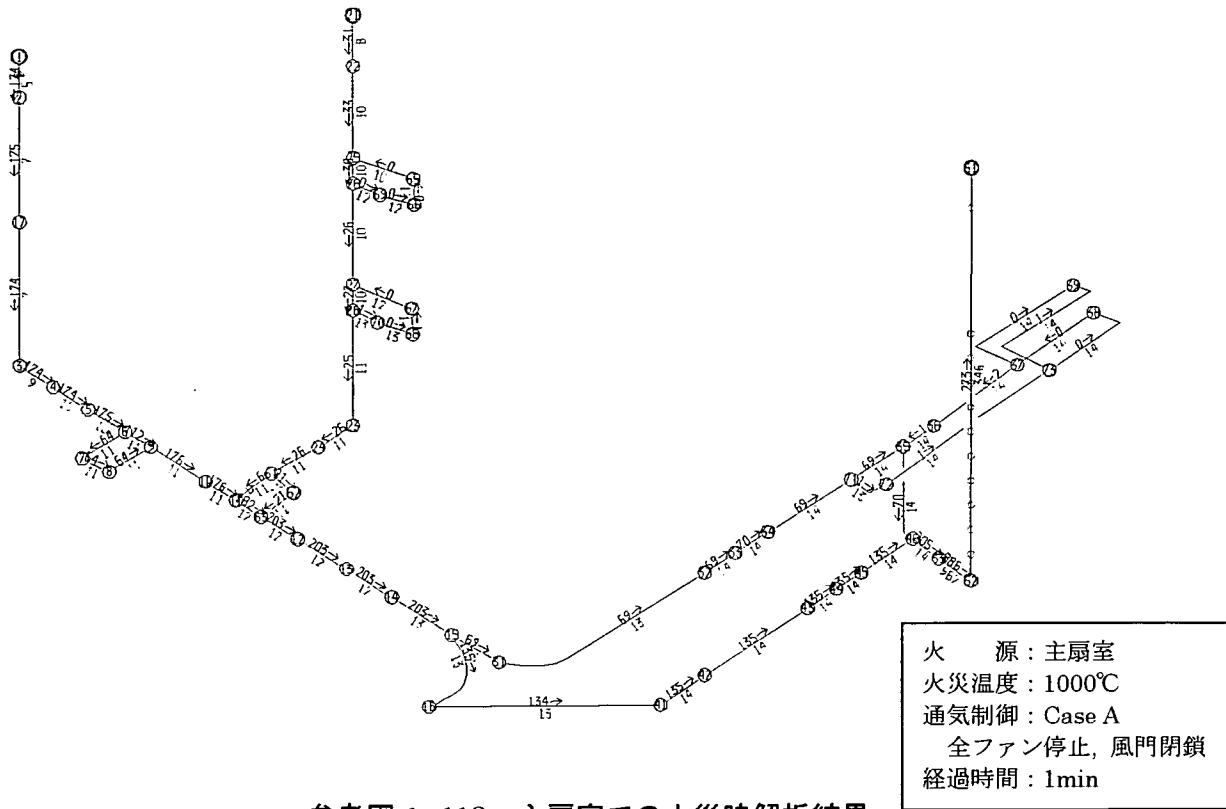


参考図 1-115 第 2 変電所での火災時解析結果

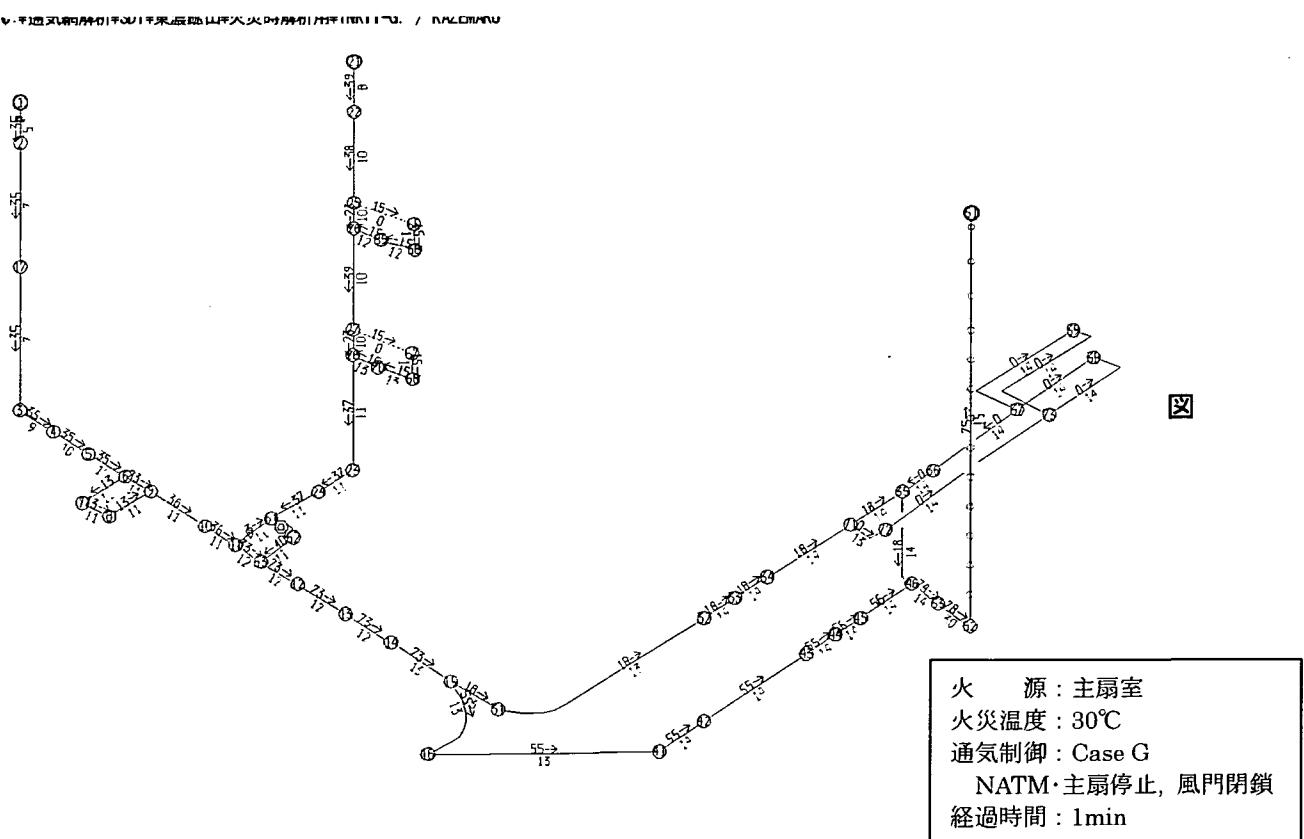
参考資料 1



参考資料 1

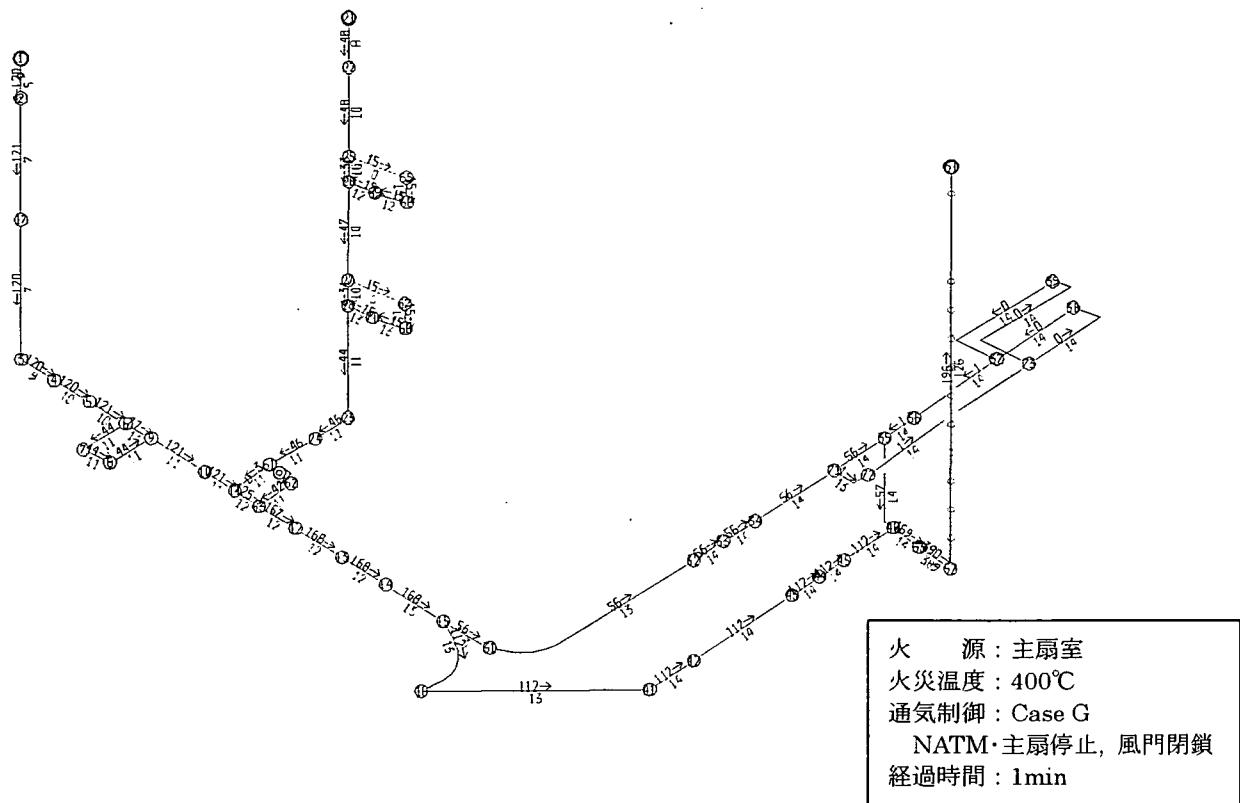


参考図 1-118 主扇室での火災時解析結果

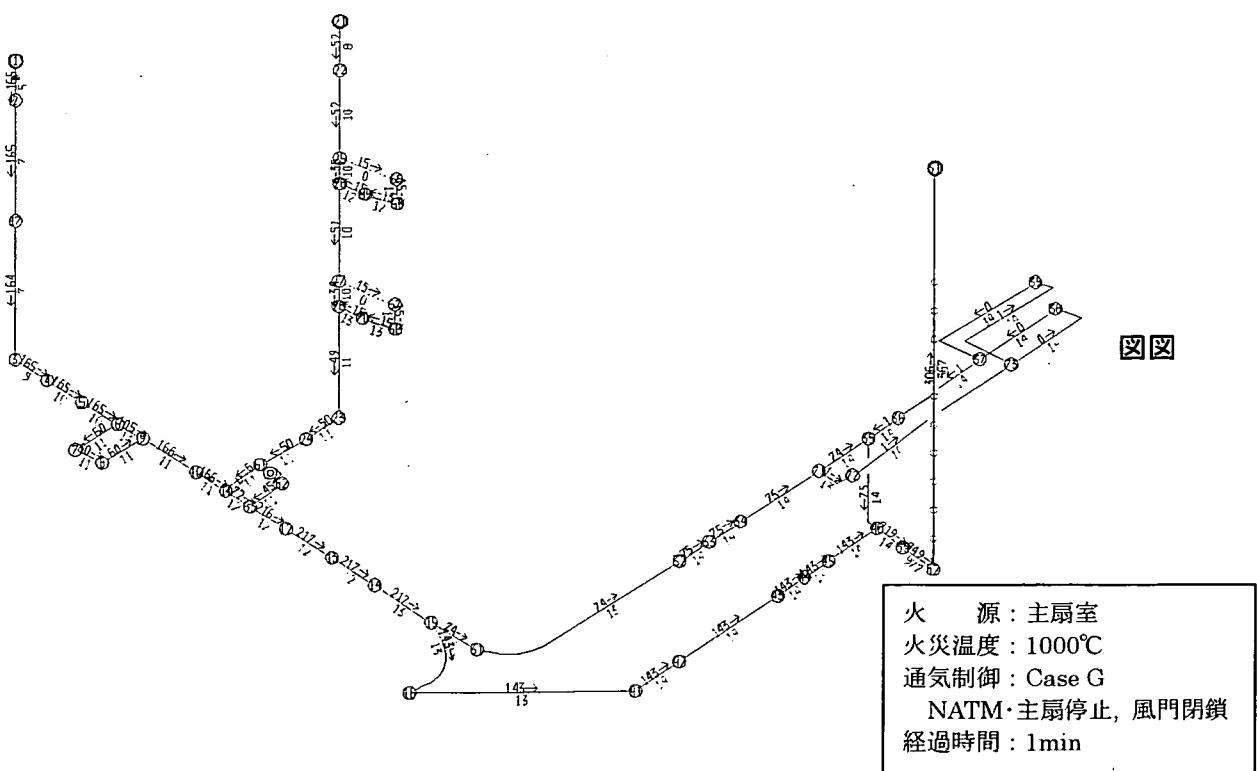


参考図 1-119 主扇室での火災時解析結果

參考資料 1

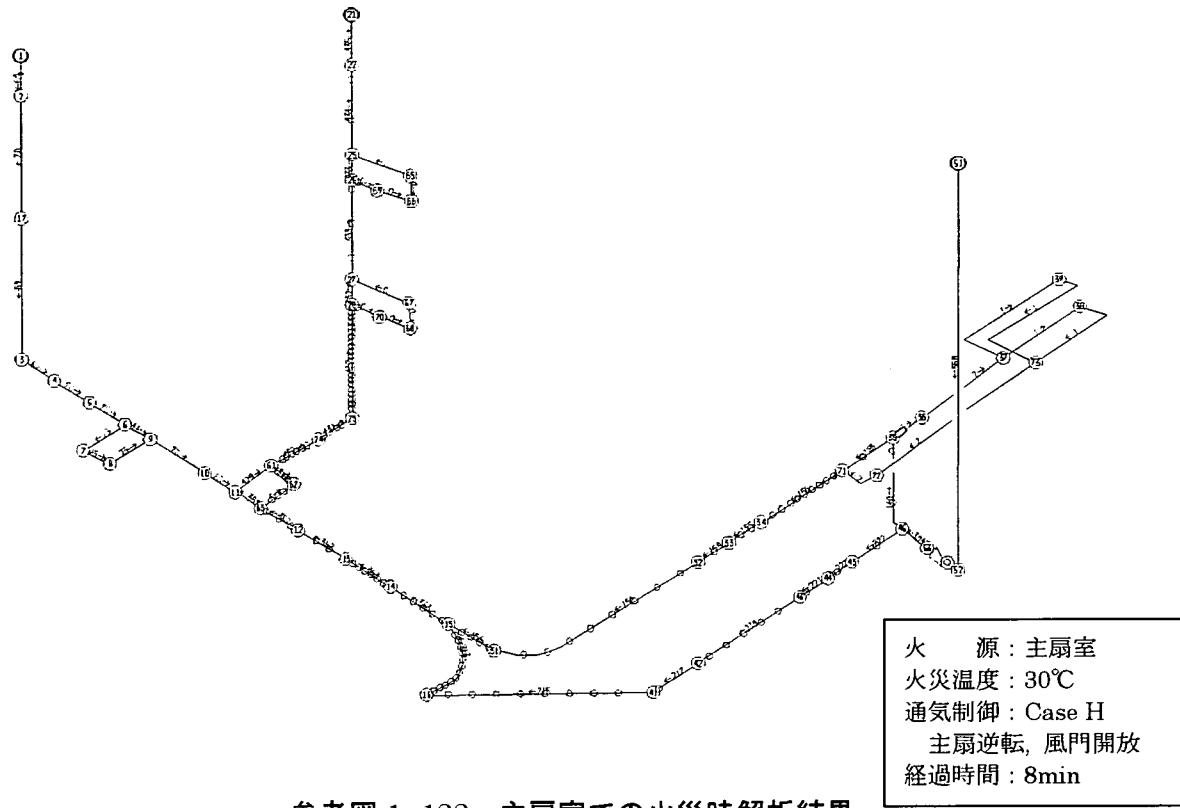


参考図 1-120 主扇室での火災時解析結果

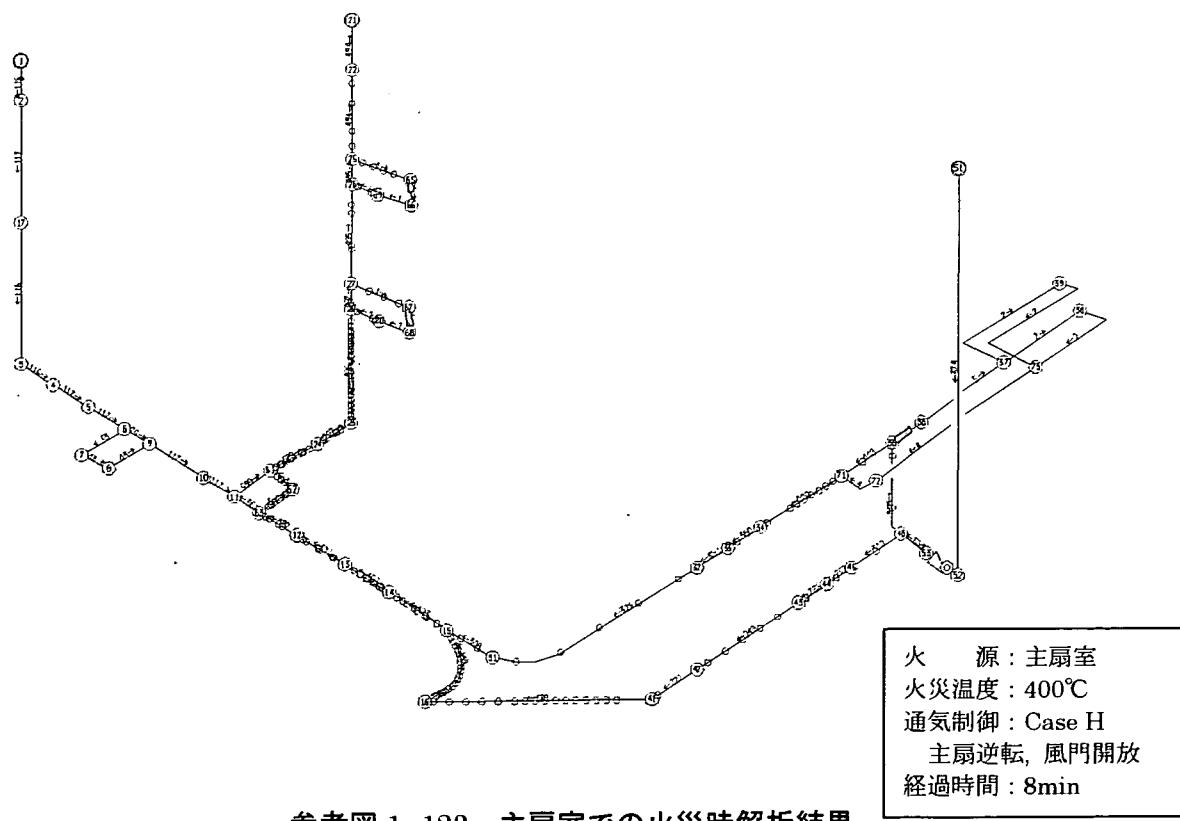


参考図 1-121 主扇室での火災時解析結果

参考資料 1

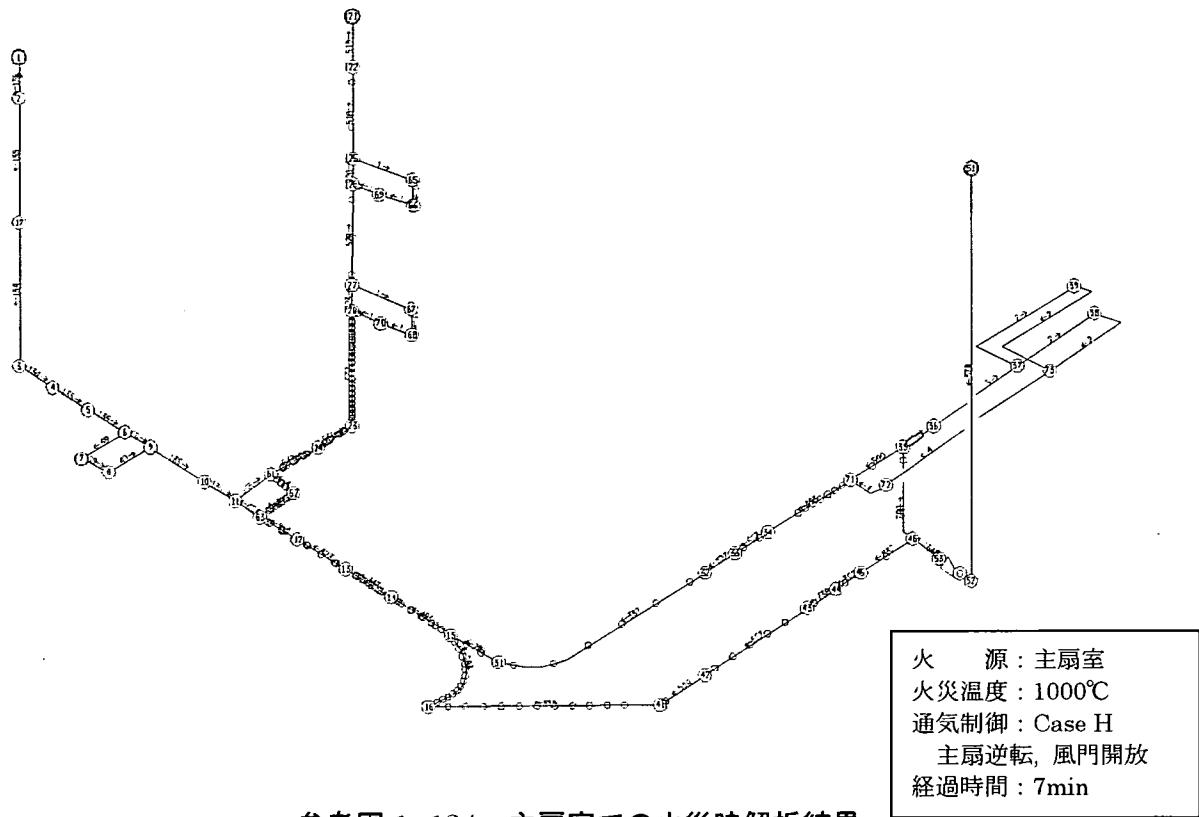


参考図 1-122 主扇室での火災時解析結果

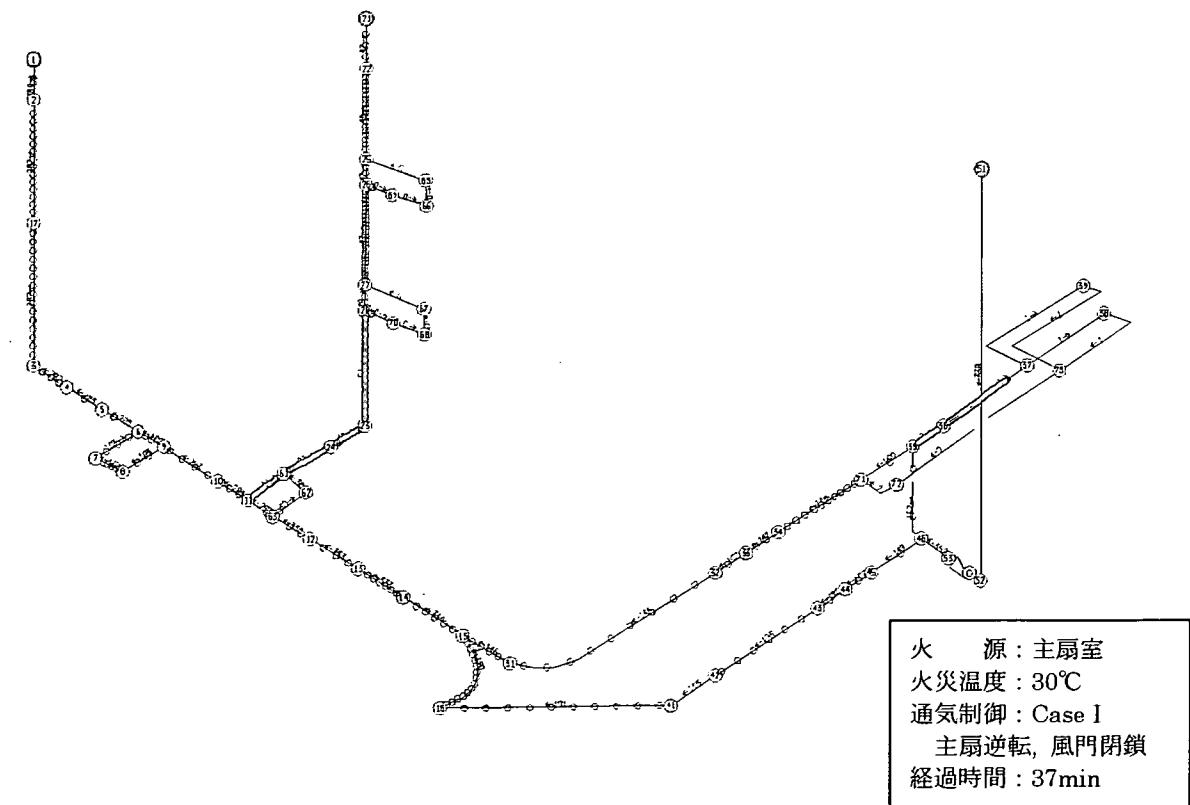


参考図 1-123 主扇室での火災時解析結果

參考資料 1

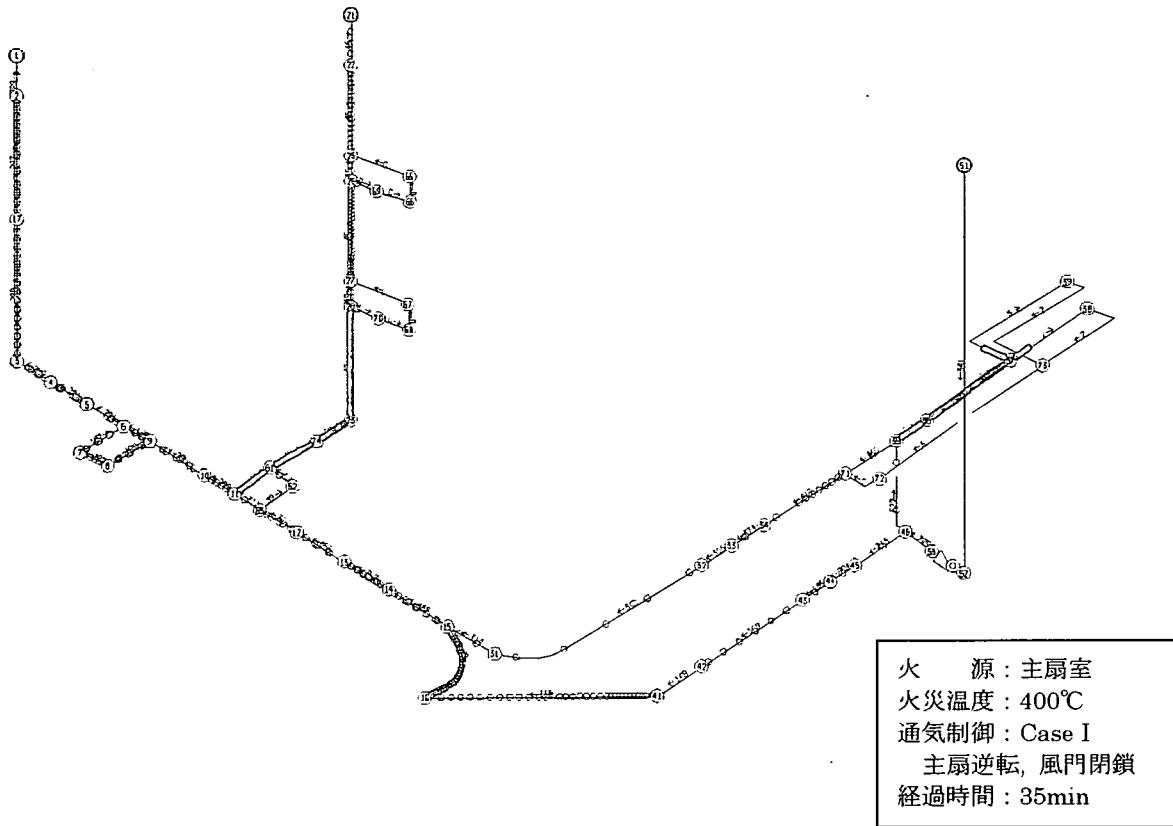


参考図 1-124 主扇室での火災時解析結果

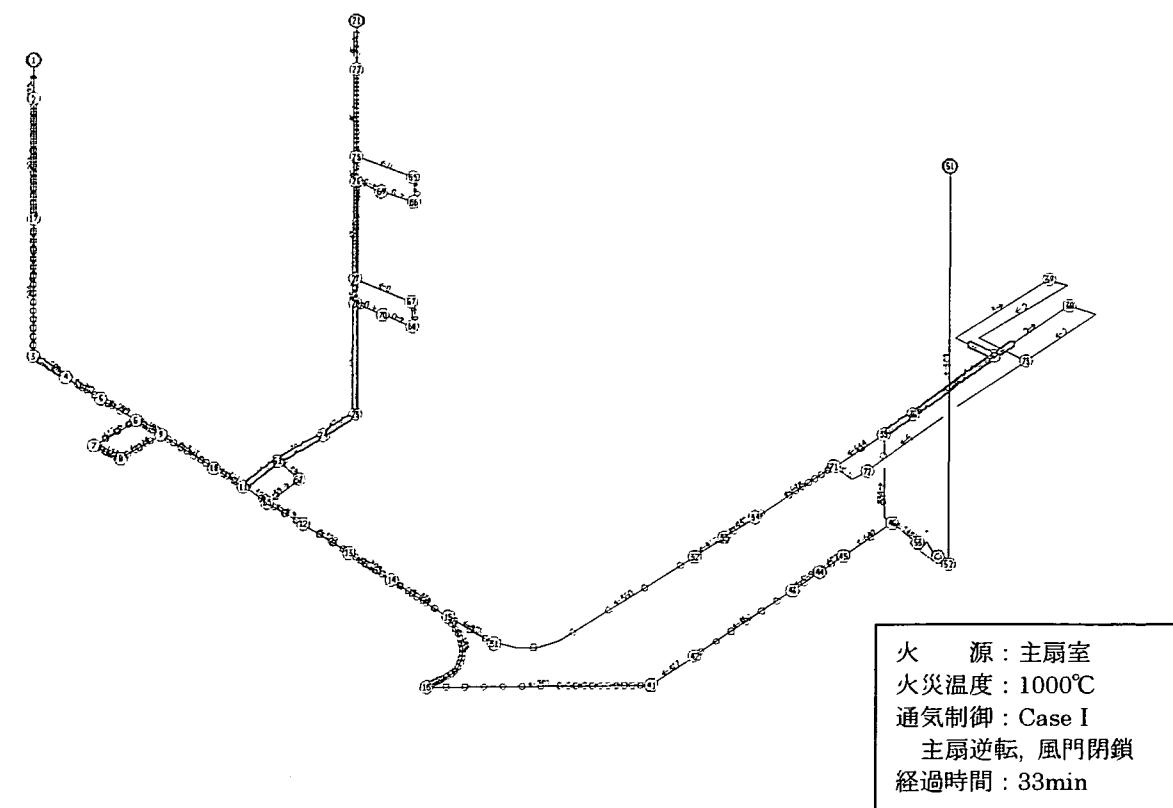


参考図 1-125 主扇室での火災時解析結果

参考資料 1

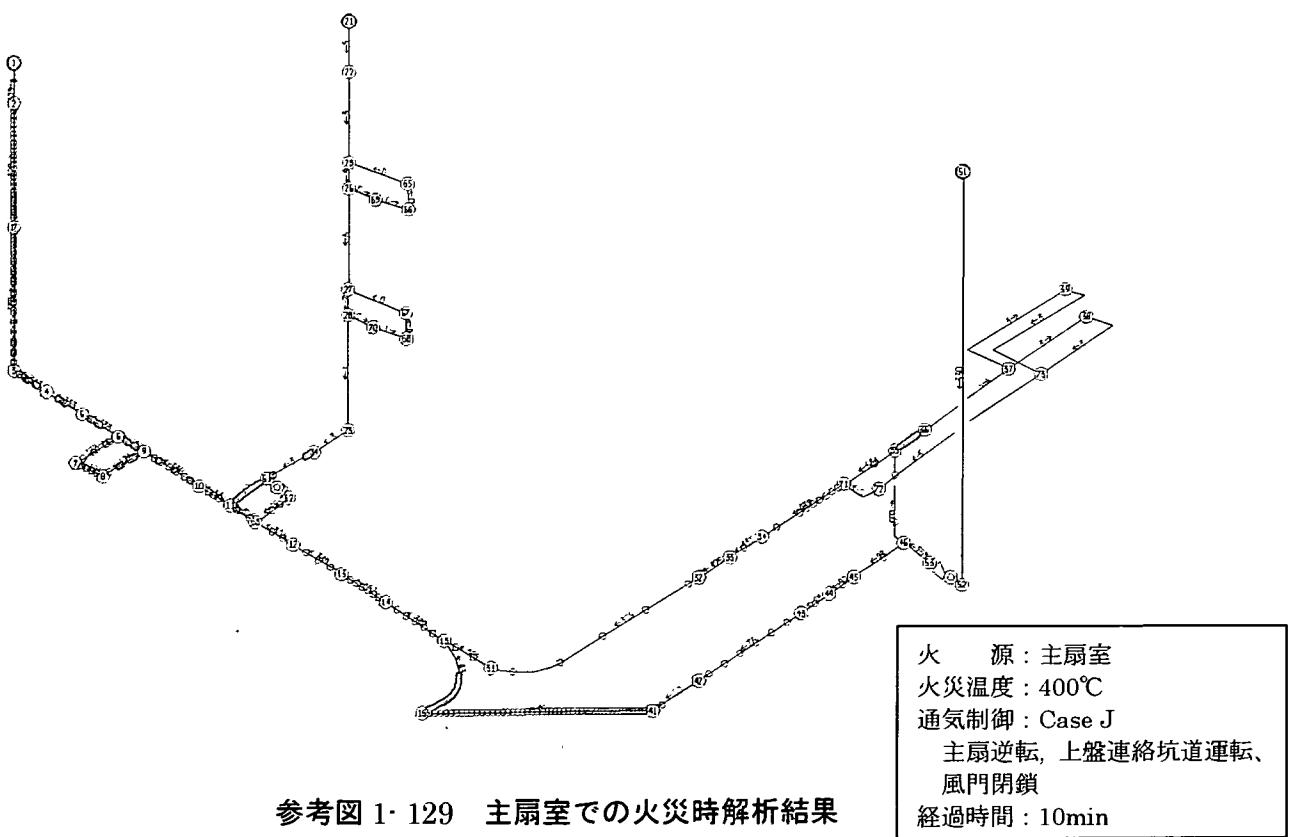
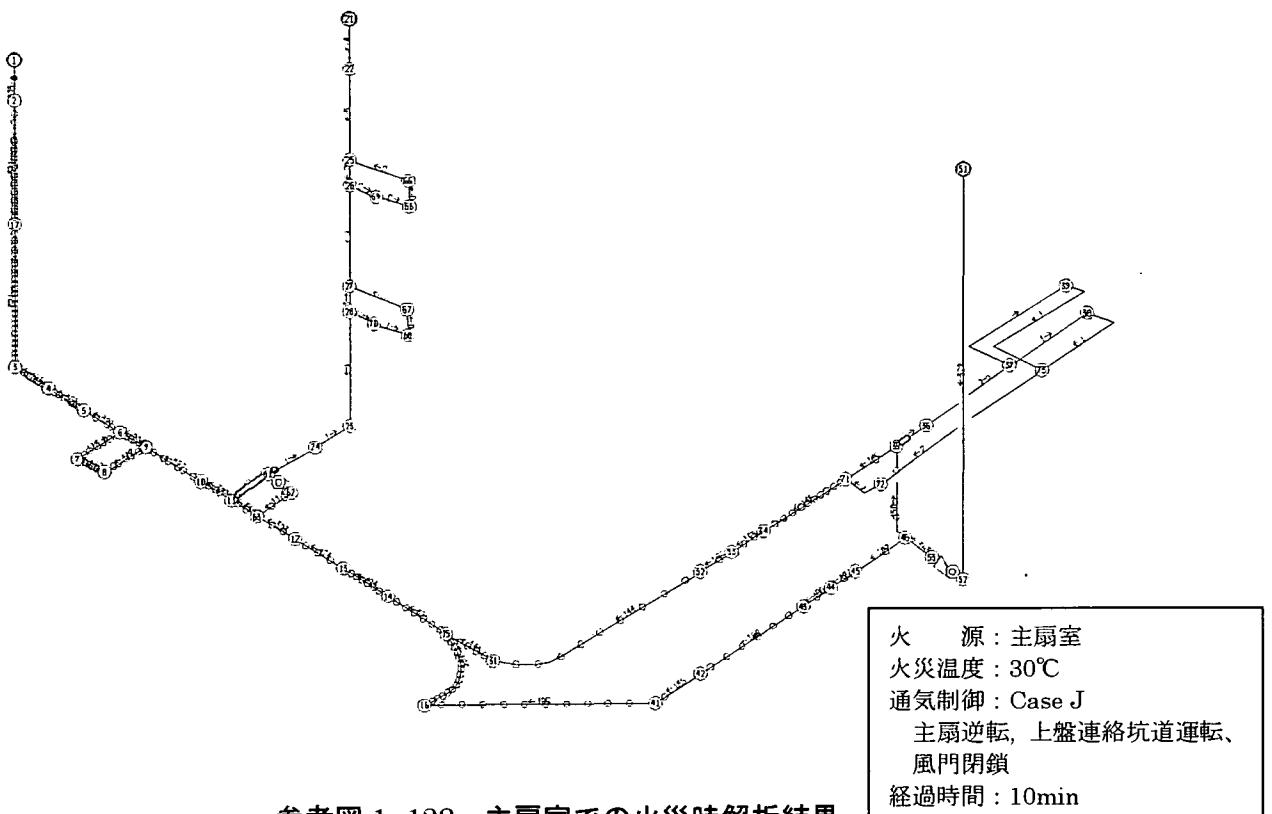


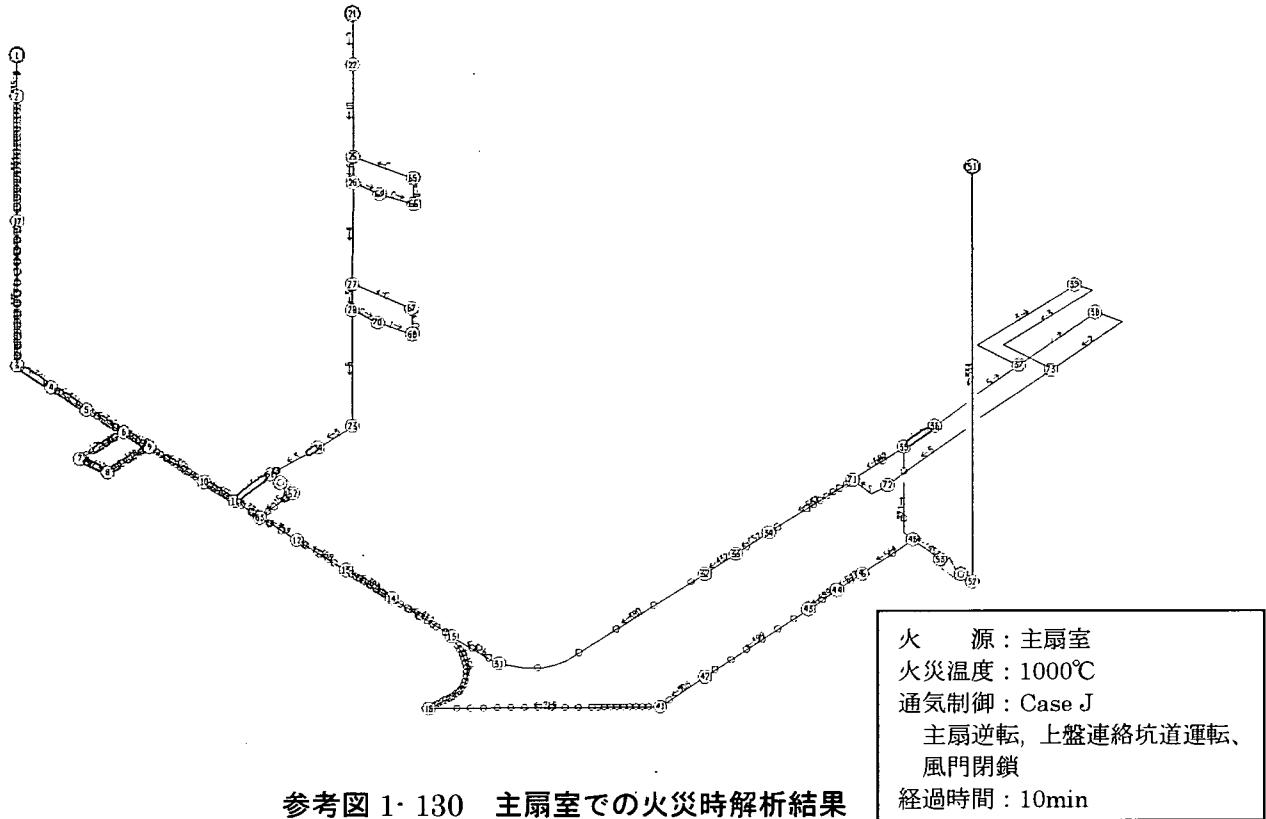
参考図 1・126 主扇室での火災時解析結果



参考図 1・127 主扇室での火災時解析結果

參考資料 1





参考図 1・130 主扇室での火災時解析結果