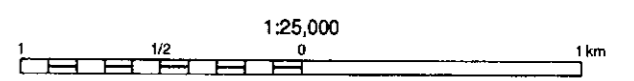


凡例

- Estimated uplift obtained from gravity survey
- Phreatic Caldera and abalanche
- (Estimated) Fault
- Caldera Wall
- Low resistivity zone
- Isothermal Line (EL.+750m)
- Magmatic fluid
- Geothermal fluid
- Meteoric water flow
- Survey area
- Exploratory well
- (Estimated) Heat Source



Amatitlan Geothermal Development Project	
地熱構造モデル (平面図)	
Geothermal Structural Model	
JICA-WEST JEC	Fig. 2-5-1

MBR101401D (H129)

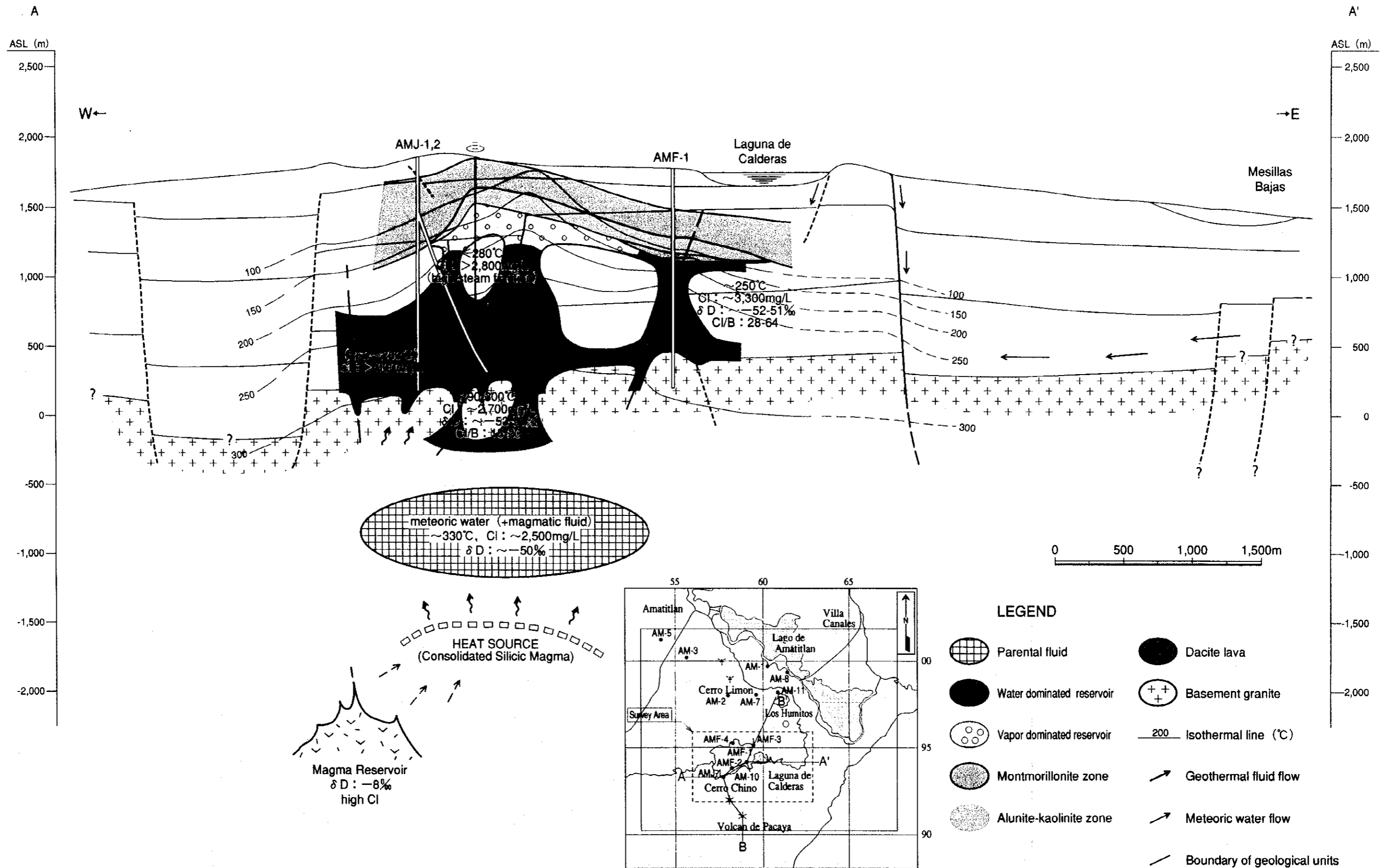


Fig. 2-5-2 Conceptual model of the Amatitlan Geothermal Area (A-A')  
 地熱構造モデル (A-A'断面図)

MMS014410.D (1/12/9)

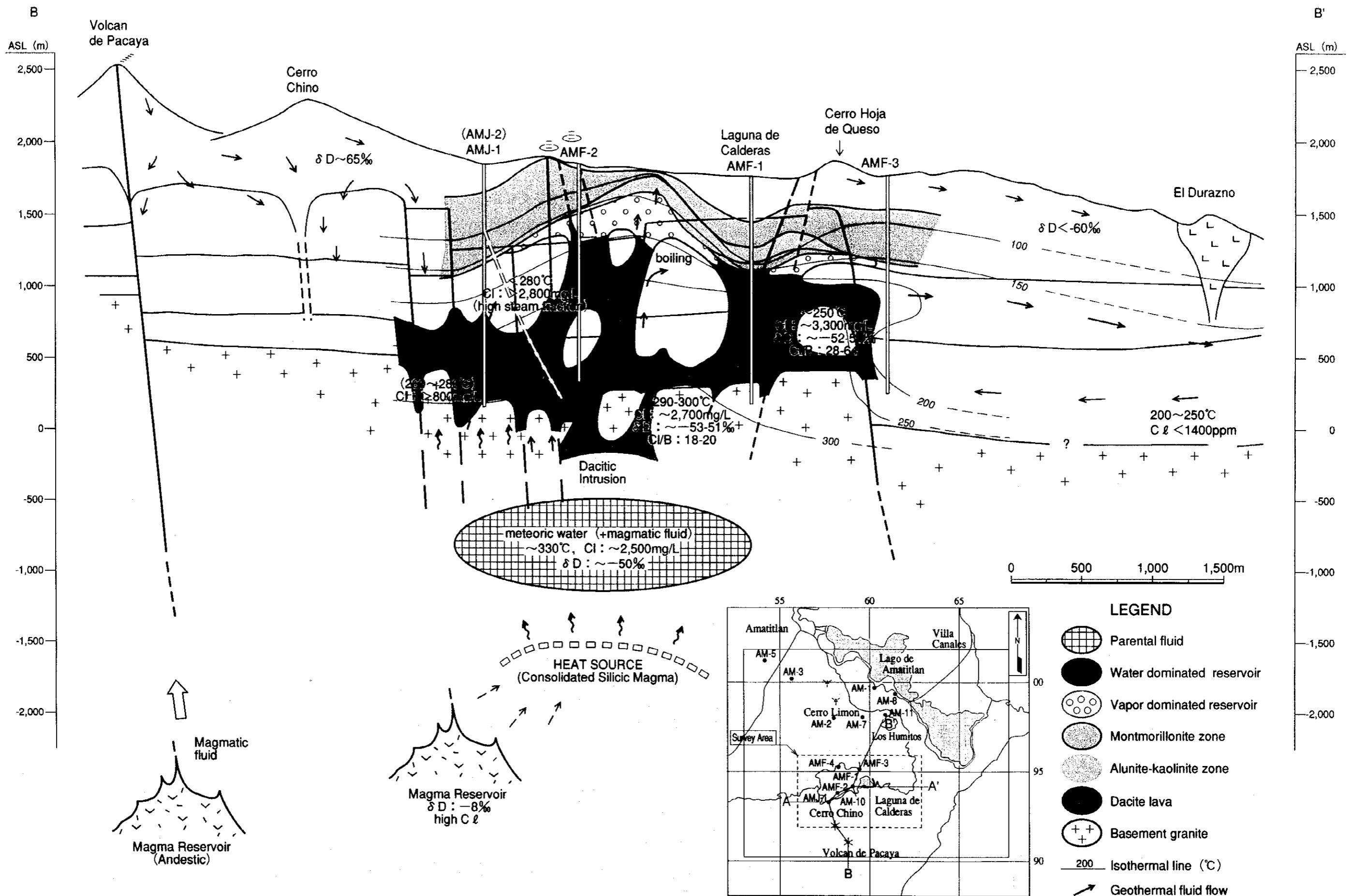
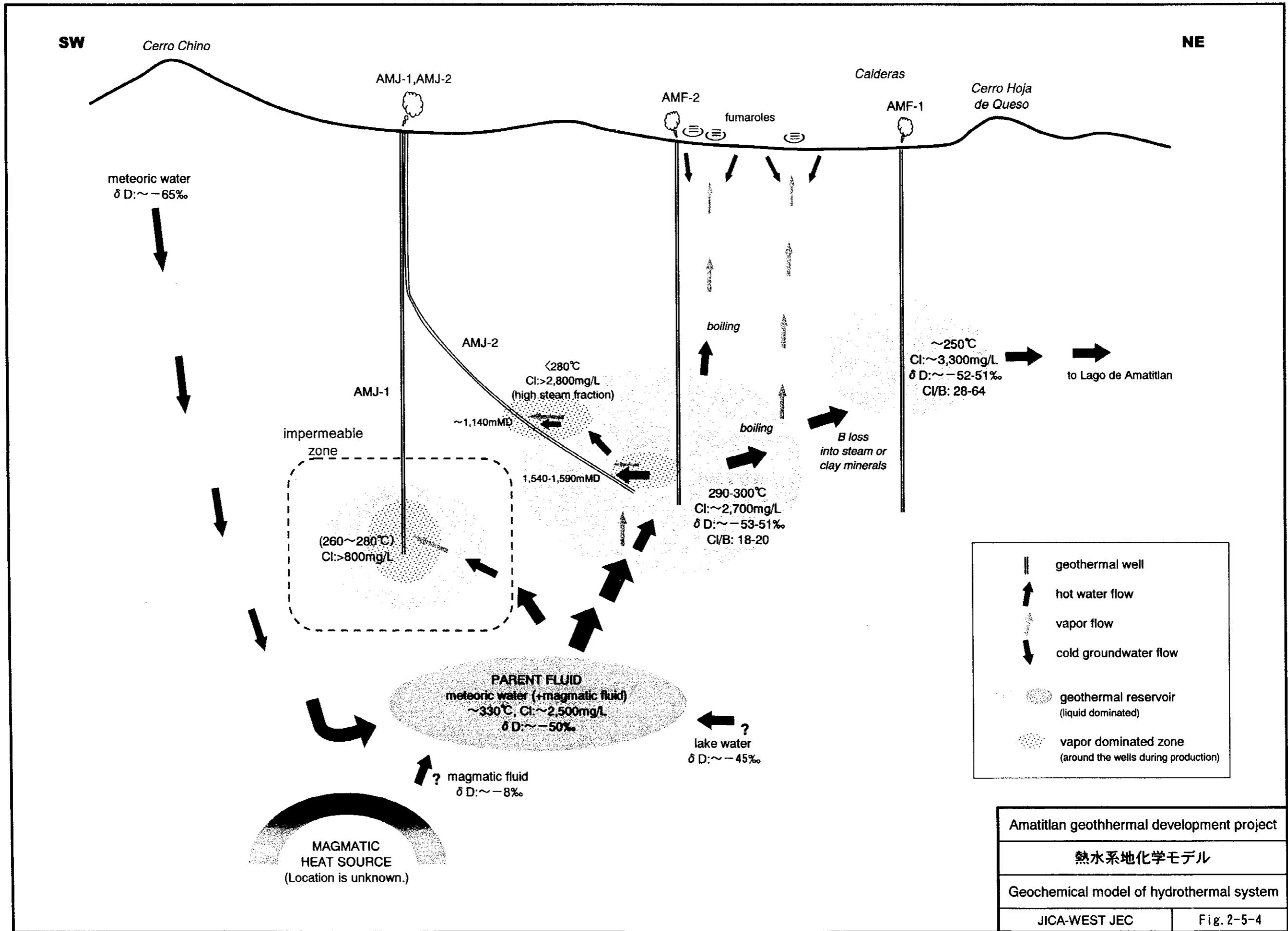


Fig. 2-5-3 Conceptual model of the Amatitlan Geothermal Area (B-B')  
 地熱構造モデル (B-B'断面図)



## **3 PROGRAMA DE DESARROLLO**

**3.1 Evaluación del Recurso**

**3.2 Construcción de las Instalaciones para  
Generación de Energía**

**3.3 Estudio de Impacto Ambiental**

**3.4 Evaluación Económica y Financiera**

## **3.1 Evaluación del Recurso**

**3.1.1 Modelo Numérico**

**3.1.2 Calibración en Estado Natural**

**3.1.3 Calibración y ajuste histórico**

**3.1.4 Pronósticos y Potencial del Campo**

**3.1.5 Resultados de los Pronósticos**



### 3. PROGRAMA DE DESARROLLO

#### 3.1 EVALUACIÓN DEL RECURSO

Una explicación detallada del proceso y los resultados en estado natural y la historia de las calibraciones se puede encontrar en el Reporte Intermedio de JICA de Marzo de 2001. De aquí en adelante, se presenta un resumen de estos tópicos. En el mismo reporte de JICA se describe una proyección de la respuesta del reservorio a la explotación con el objetivo de estimar el potencial energético del reservorio. En el presente informe, se efectúa un estudio más detallado para cumplir con los términos de referencia de JICA para el Año Fiscal 2001.

##### 3.1.1 Modelo Numérico

Para proceder a la estimación del potencial y a la simulación del reservorio de Amatitlán, se aplicó el procedimiento como aparece en la Fig. 3-1-1. El volumen de control se seleccionó tal como se muestra en la Fig. 3-1-2. El modelo de simulación se orientó en dirección NS - EO. El modelo incluye un área total de 140 km<sup>2</sup> (14 km en la dirección NS y 10 km en la dirección EO), mucho más grande que el área geotérmica conocida. El área más grande fue necesaria, sin embargo, para asegurar una presentación razonable del marco geológico global del sistema geotérmico y para reducir los efectos de condiciones de frontera en el modelo de simulación.

Se trazaron cinco diferentes capas para representar el reservorio en la dirección "z" (profundidad). La Fig. 3-1-3 muestra estas cinco capas.

La configuración de la red en las diferentes capas tenía que ser diferente para representar los rasgos del sistema geotérmico. La Capa 1 (AE) y la Capa 4 (AB) tienen la misma configuración con 225 elementos cada una. La capa 2 (AD) y la Capa 3 (AC) tienen la misma configuración con 285 elementos cada una y la Capa 5 (AA) tiene 190 elementos. En total hay 1210 elementos en el volumen de control.

Adicionalmente, los bloques de frontera debajo de la Capa 5 (AA) fueron establecidos para representar las porciones del modelo conceptual que proporcionan fluidos calientes al sistema y los bloques de frontera sobre la capa 1 (AE) se establecieron para representar el aire y la topografía del campo de Amatitlán. La Capa 2 (AC) se añadió a los bloques de frontera para representar el suministro lateral de agua del sistema hidrológico regional.

La Tabla 3-1-1 presenta los valores de las propiedades petrofísicas de los materiales que llenan varios de los elementos del modelo numérico.

La distribución de la permeabilidad inicial se basó en los resultados disponibles a partir del análisis de las pruebas de los pozos. Estos valores fueron modificados durante el estado del modelo inicial para obtener un ajuste de la temperatura bajo la superficie. La Porosidad se asumió que será constante con un valor del 5 % a través del modelo, lo cual es típico para un reservorio bifásico de alta temperatura. A la Conductividad térmica de las rocas saturadas con agua dentro del reservorio se le asignó un valor constante de 2.2 W/m.°C. Dos valores para el calor específico se utilizaron en el modelo; 1000 kJ/kg.°C para bloques activos y 50,000



kJ/kg.°C para los bloques de frontera. El valor alto de calor específico se utiliza como “bandera” en el modelo para excluir esos bloques de los cálculos de balance de masa y energía. Las permeabilidades relativas fueron especificadas en el modelo utilizando las curvas tipo "X", con valores residuales de cero para el vapor y el agua.

La definición del modelo se completó cuando se especificaron los bloques de frontera para definir los flujos entrante y saliente de calor y masa del modelo. Los bloques de frontera incluyen:

1. Uno adjunto a la capa del fondo (capa 5) del modelo para proporcionar la transferencia conductiva de calor de y hacia el modelo desde abajo;
2. Uno adjunto a seis bloques de la red de la capa del fondo (capa 5) justo al norte del Volcán de Pacaya para proporcionar la recarga de calor y masa al modelo;
3. Tres que se encuentran adjuntos al lado N de la capa 1 para permitir descargas superficiales hacia el lago de Amatitlán, incluyendo los manantiales calientes y las fumarolas que se localizan a lo largo de la rivera;
4. Un bloque de descarga que se encuentra adjunto a la capa 1, al oeste del pozo AMF-2 para representar la descarga superficial en esta dirección, incluyendo las fumarolas en esta área;
5. Uno adjunto a diez bloques de la red en la esquina NE de la capa 3 el cual proporciona fluidos fríos al modelo para simular el patrón regional de flujo de fluidos profundos (NE a SO);
6. Uno que se encuentra adjunto a tres bloques de la red en el lado SO de la capa 3 para permitir la descarga profunda bajo la superficie hacia el Río Michatoya.
7. Uno que está adjunto a la porción sur del modelo para permitir pérdidas de calor por conducción a los terrenos sobreyacientes en esta área, y;
8. Finalmente, un bloque de frontera que representa a la atmósfera sobre el modelo y que permite pérdidas de calor por conducción a una temperatura atmosférica constante de 30° C

### **3.1.2 Calibración del Estado Natural**

El principal objetivo de la calibración del estado natural es de verificar la distribución de temperatura y presión y los aspectos relacionados con el flujo de calor y masa del modelo. Dentro de este contexto, las propiedades de mayor importancia de las rocas fueron la permeabilidad y la conductividad térmica. En una forma diferente de modelado, parámetros relacionados con el almacenamiento, tales como porosidad, densidad y calor específico de la roca no son parámetros importantes en el estado inicial del modelo. Por lo tanto, en el estado inicial del modelo es suficiente utilizar valores promedio de porosidad, densidad y calor específico de la roca, pero una distribución más detallada necesita valores específicos de permeabilidad y conductividad térmica de la roca para poder ajustar la distribución de la temperatura bajo la superficie.

Como en la mayoría de los sistemas geotérmicos, la recarga y la descarga de calor y masa deben de estar presentes para mantener un equilibrio termodinámico dentro del reservorio. Como se mencionó anteriormente, el modelo incluye dos fuentes de recarga y cinco sumideros de descarga los cuales se introdujeron para ajustar los datos de temperatura bajo la superficie. El ingreso de un flujo caliente de aproximadamente 450 tons/hora se requirió dentro de los seis bloques de la capa 5; el flujo entrante es agua en una sola fase con una temperatura en la fuente de 336 °C. Un ingreso adicional de fluido a 50 °C viene desde la esquina NE de la capa 3 a una tasa de 620 tons/hora el cual representa el patrón regional de flujo con orientación NE-SO. Las descargas del modelo incluyen sumideros en la capa 1 que representan movimiento superficial de fluidos y descargas superficiales y los sumideros de la capa 3 los cuales representan descarga profunda bajo la superficie hacia el Río. Aproximadamente el 75% de los fluidos fríos que vienen de la esquina NE son descargados a través de estos sumideros. El restante 25 %, o 156 tons/hora, se mezcla con fluidos geotérmicos calientes y luego descargan a través de los sumideros superficiales en la capa 1

Las Figuras 3-1-4 a 3-1-7 presentan las distribuciones de temperatura observadas y calculadas en cuatro de las capas del modelo donde los valores estaban disponibles para la comparación. Es de hacer notar que aun si la información de la temperatura de los pozos AMJ-1 y AMJ-2 estuviera disponible, esta información corresponde al reservorio bajo explotación, por eso el ajuste fue referido a la temperatura pre explotación de los pozos de las series AM y AMF.

La temperatura calculada en la capa 1 (Fig. 3-1-7), la cual corresponde a una elevación de +1,050 msnm, está favorablemente de acuerdo con los valores observados. Un mejor ajuste se obtuvo en el área de Calderas donde existen valores más reales.

La temperatura máxima a este nivel fue calculada por el modelo alrededor de los 242°C con los valores más altos localizados al sur de los pozos AMF-1 y AMF-2.

Las temperaturas calculadas en la capa 2 (Fig. 3-1-6), la cuales varían desde 60 °C hasta 260 °C, están en buena correlación con los contornos de las temperaturas medidas. Es de hacer notar que los valores disponibles para el área de producción en esta capa así como en las capas subsecuentes están limitados a los valores de los cuatro pozos AMF.

La Fig. 3-1-5 presenta los contornos de temperaturas medidas y los contornos de temperaturas calculadas a +450 msnm (capa 3). Nuevamente, solamente hay disponibles cuatro valores de temperatura para el ajuste a este nivel. Como se puede ver en esta figura, los contornos de temperaturas calculadas por el modelo se encuentran en buena correlación con los valores medidos disponibles. Para alcanzar esta distribución de temperaturas fue necesario introducir fuentes de recarga y sumideros de descarga en esta capa para modelar el sistema regional profundo de flujo de fluidos, de acuerdo con lo descrito anteriormente.

La Fig. 3-1-4 muestra la distribución de temperaturas estimadas a +150 msnm (capa 4). Esta figura se presente aquí para perfeccionar el modelo y no debería ser comparada en detalle debido a la pérdida de datos. Los contornos de temperaturas medidas están también mayormente estimados puesto que muy pocos datos se encuentran disponibles a esta profundidad. Sin embargo, los dos grupos de contornos presentan la misma forma y ambos son consistentes con el modelo conceptual en el cual el fluido original se origina en profundidad cerca de los dos

volcanes.

### 3.1.3 Calibración y ajuste histórico

Existen tres grupos de datos de pruebas de los pozos. El primero es de valores recolectados por INDE/ West JEC durante las pruebas de los pozos AMF-1 y AMF-2 en 1994. El segundo grupo es el de datos de la prueba de largo plazo recolectada por INDE/ICA/CFE en los pozos AMF-1, AMF-2 y AMF-3 (reinyección) durante dos años de operación de la planta geotérmica de 5 MW en Calderas. El tercer grupo de datos corresponde a las pruebas de los pozos AMJ-1 y AMJ-2 tal como se describe aquí en el Capítulo dos (ver la sección 2-4). El segundo grupo de datos es el más adecuado y real para correr la calibración de la producción (histórica) debido a la gran cantidad y tipo de series de datos. Entonces, la calibración de la producción se corrió utilizando este grupo de datos. El periodo de producción de los pozos AMJ-1 y AMJ-2 (una semana para cada uno de los periodos de prueba) fue muy corto para proporcionar una base significativa para evaluar las propiedades del reservorio.

Para el pozo AMF-1 las Figs. 3-1-8 y Fig. 3-1-9 presentan la historia de masa / balance y la energía respectivamente durante este periodo de prueba de largo plazo. Para el pozo AMF-2 las Figs. 3-1-10 y Fig. 3-1-11 presentan la historia de masa / balance y la energía respectivamente durante este periodo de prueba de largo plazo y la Fig. 3-1-12 presenta la historia de la reinyección para el pozo AMF-3.

Puesto que las tendencias de la presión en el cabezal no proporcionan un indicio de las condiciones de presión en el fondo del pozo, especialmente en un reservorio de dos fases, las medidas de entalpía tomadas durante el flujo de los pozos en producción es el parámetro de ajuste para una posterior calibración del modelo en las vecindades de los pozos en producción.

#### 1. Procedimiento de ajuste de las pruebas de los pozos

La calibración del estado inicial no es muy sensible en términos de almacenamiento tal como la porosidad. Para la calibración de estos parámetros, se utilizan las pruebas de los pozos o su producción histórica. Sin embargo, la producción de los pozos afecta más en un área relativamente pequeña alrededor del pozo, entonces, los cambios en la porosidad o en la permeabilidad no son necesariamente aplicados al modelo de simulación total. En el ajuste de las pruebas de producción de los pozos o de la información de la producción, es usualmente necesario promover cambios únicamente en los parámetros hidráulicos en bloques localizados cerca de los pozos activos o de los pozos de observación.

Si el ajuste de la prueba de los pozos requiere cambios en la distribución de la permeabilidad sobre un área significativa del modelo, será necesario efectuar una nueva corrida del estado inicial para confirmar que las distribuciones calculadas de temperatura y presión están aun en una correlación razonable con los valores medidos. Si las distribuciones calculadas no correlacionan más con los valores medidos, entonces el proceso de modelado debería continuar hasta que se obtenga un modelo más consistente, ajustando ambos, la temperatura y los valores de la prueba del pozo.

El pozo AMF-1 se asignó a la capa (elemento AD 133), el pozo AMF-2 a la capa 3n (elemento AC 91) y el pozo AMF-3 a la capa 2 (elemento AD 174). Los elementos de producción fueron posteriormente divididos para proporcionar una estimación más precisa de la entalpía fluyendo. Una vez fueron hechas las divisiones anteriores a los bloques de la red, las entalpías transitorias de los pozos productores fueron ajustadas por prueba y error, modificando el modelo de estado inicial conforme fue requerido.

La respuesta del modelo a la extracción de masa en los pozos AMF-1 y AMF-2 y a la reinyección de masa en el pozo AMF-3 fue simulada cambiando los valores de las propiedades hidráulicas en la zona de producción. Después de numerosas pruebas la entalpía de ambos pozos de producción fue ajustada.

## **2. Resultados del ajuste a partir de los valores de las pruebas de flujo de 1998**

### **a. Pozo AMF-1**

Para el pozo AMF-1 los récords de flujo se iniciaron en Noviembre 20 de 1998 y los últimos valores disponibles tienen fecha diciembre 6 de 2000. La descarga del pozo es muy variable debido a las condiciones de múltiples zonas de alimentación dentro del pozo. Sin embargo, la relación de agua a vapor permanece casi constante indicando que no hay mucha variación en los valores de entalpía. El flujo másico total varía de 90 a 160 tons/hora con una entalpía cercana a los 1300 KJ/kg (310 kcal/kg) en promedio (Fig. 3-1-8). A partir de enero de 2000 hay un salto en la curva de entalpía, el cual se asume es debido a problemas de grabación, puesto que los valores permanecen constantes en la misma relación.

Las entalpías calculadas y las razones de flujo para el pozo AMF-1 se muestran también en la Fig. 3-1-8 (línea negra). Tomando en consideración los posibles problemas de grabación, el ajuste se realizó sobre la línea de valores iniciales de entalpía. El ajuste de la entalpía muestra que la entalpía simulada históricamente se correlaciona razonablemente bien con los valores medidos durante el periodo de prueba.

### **b. Pozo AMF-2**

Para el pozo AMF-2 los récords de flujo se iniciaron en Noviembre 20 de 1998 y los últimos valores disponibles tienen fecha Diciembre 6 de 2000. El pozo AMF-2 descargó aproximadamente 110 tons/hora (flujo total) con una entalpía inicial de aproximadamente 1650 KJ/kg (394 kcal/kg) para estabilizarse en 100 Tons/hora con una entalpía de 1690 KJ/Kg (403 Kcal/Kg) en promedio (Fig. 3-1-10).

Los valores medidos de entalpía fueron bien ajustados por el modelo de simulación tal como se muestra en la Fig. 3-1-10. Los valores simulados de entalpía siguen la misma tendencia que los valores medidos y la diferencia entre entalpías es pequeña.

## **3. Condiciones actuales del reservorio**

Los resultados obtenidos del ajuste de los valores de las pruebas de flujo para el proyecto del área de Amatitlán se considera que son razonables. El modelo

fue capaz de ajustar con precisión los valores de entalpía de la producción a largo plazo de los pozos AMF-1 y AMF-2.

La Fig. 3-1-13 muestra la distribución de temperaturas de la capa superior del reservorio, las Figs. 3-1-16 y 3-1-19 presentan la distribución de temperaturas en las capas de producción. Como se demuestra en estas dos figuras no hay grandes variaciones en cuanto a la forma y los valores de aquellas que se muestran en los mapas de contornos del estado natural de la simulación. Esto significa que básicamente el reservorio no está siendo sobre explotado.

La Fig. 3-1-14 muestra las distribuciones de presión de la capa superior del reservorio. Las Figs. 3-1-17 y 3-1-20 presentan las distribuciones de presión en las capas de producción. Estos mapas de contornos no muestran una baja aparente en la masa, indicando que la recarga general del sistema es adecuada.

Los contornos de temperatura y presión son consistentes al mostrar una barrera hidráulica entre los pozos AMF-2 y AMF-4. Esto explica la poca diferencia en las temperaturas medidas en elevaciones similares. Los contornos de presión también muestran la existencia de un sistema de descarga en los alrededores de El Cedro.

La Fig. 3-1-15 muestra la distribución de la saturación de vapor en la capa superior del reservorio. Las Figs. 3-1-18 y 3-1-21 presentan la distribución de la saturación de vapor en las capas de producción. Estos mapas de contorno indican un proceso de vaporización en las capas superiores debido a una pobre permeabilidad vertical en el área de los pozos AMF-1 y AMF-2. Esta vaporización simulada está correlacionada con la química y las pruebas del pozo AMJ-2 en el cual se encontró una zona de alimentación de vapor de más baja temperatura.

#### **3.1.4 Pronósticos y potencial del campo**

El modelo del reservorio, una vez calibrado como fue explicado anteriormente, fue sujeto de simulaciones de explotación para pronosticar su repuesta. Como parte de las actividades para el Año Fiscal 2000, el escenario de explotación fue establecido para probar la capacidad del reservorio para mantener una planta generadora de tamaño estándar. Una planta de 50 MW, del tipo de doble flasheo fue utilizada con este propósito. Estos resultados se pueden encontrar en el reporte intermedio de JICA del mes de marzo de 2001.

Los términos de referencia para el Año Fiscal 2001 requieren el análisis de tres escenarios (ver Fig. 3-1-22). La explotación del reservorio se realiza en todos los casos desde dentro de la depresión de Calderas. En el siguiente capítulo se discuten dos alternativas de localización. Una dentro de la depresión de Calderas y la otra en un lugar cercano a la bodega del INDE en El Cedro. Los escenarios son:

1. Producción de únicamente 20 MW
2. Producción de 40 MW en dos etapas. Inicialmente 20 MW y después de tres años la segunda etapa de 20 MW.
3. Producción de 40 MW con dos unidades de 20 MW.

El potencial total de potencia que existe en los pozos AMF-1, AMF-2, AMJ-1 y AMJ-2 no es suficiente para generar la potencia requerida en cualquiera de los escenarios. Perforaciones adicionales y de reserva son necesarias. Los blancos para futuras perforaciones (producción y reinyección) fueron seleccionados. La ubicación de las plataformas y de los blancos de perforación se muestran en la Fig. 3-1-23.

Los pronósticos de la simulación se corrieron dejando los pozos productores produciendo a una presión de cabezal constante, permitiendo variar el flujo másico. Cuando los pozos productores fueron asignados se utilizaron las características termodinámicas de los elementos, primero un valor de "kh" fue calculado para cada pozo productor existente. El procedimiento es de prueba y error y fue repetido hasta que el flujo másico medido (agua y vapor) pudiera reproducirse para las diferentes presiones de cabezal utilizadas cuando se realizaron las pruebas de los pozos. Los cálculos se realizaron utilizando un simulador de pozos.

Estos valores de "kh" fueron utilizados posteriormente para estimar, al final de cada etapa, la producción másica de los pozos simulados utilizando las propiedades termodinámicas de los elementos de producción desarrollados por el simulador del reservorio. Para desarrollar los pozos, valores de "kh" de los pozos productores existentes más cercanos fueron asignados. Por eso, los juegos de valores resultantes fueron la producción de agua y vapor durante el tiempo de explotación. La potencia disponible en el cabezal fue calculada para tecnología de simple flasheo – condensación y la variación de la potencia por pozo y la consolidada para todos los pozos fueron tabuladas. Cuando el objetivo de la potencia no se alcanzó debido a un decaimiento en la producción del pozo, un nuevo elemento de producción (pozo productor) fue activado.

El tiempo total de simulación fue de 25 años. La producción consolidada del flujo másico y la entalpía permite el cálculo de la cantidad de agua separada a ser reinyectada. El total de agua separada fue dividida entre el número de pozos de reinyección activos para poder calcular la masa a reinyectar en cada pozo reinyector. Para chequear la necesidad de pozos de reinyección adicionales, el nivel de agua en cada pozo reinyector fue estimado. Cuando el nivel de agua se elevó hasta el cabezal o cerca de él, un Nuevo elemento de reinyección (pozo reinyector) fue activado.

### **3.1.5 Resultados de los pronósticos**

Debido a que las condiciones a las cuales el reservorio tiene que responder serán diferentes para los tres escenarios, se realizaron tres corridas independientes, a continuación se describen los resultados

#### **1. Escenario 1: 20 MW**

La Fig. 3-1-24 muestra la potencia estimada para los pozos existentes y un pozo productor adicional. La Fig. 3-1-25 muestra la potencia estimada para cada uno de los pozos que contribuyen a la potencia total.

El reservorio es capaz de mantener una planta de 20 MW sin mucha dificultad con el número planificado de pozos de producción y reinyección, sin embargo,

se recomienda perforar un pozo de producción y uno de reinyección como pozos de repuesto tal como se indica en la Fig. 3-1-22 para el escenario 1.

## **2. Escenario 2: 20 MW + 20MW**

La Fig. 3-1-26 muestra la potencia estimada para los pozos existentes y un pozo productor adicional. Las Figs. 3-1-27 y Fig. 3-1-28 muestran la potencia estimada para cada uno de los pozos que contribuyen a la potencia total.

El reservorio es capaz de sostener los 20 MW iniciales y los 20 MW adicionales de las plantas generadoras sin mucha dificultad con el número programado de pozos de producción y reinyección, sin embargo, se recomienda perforar un pozo de producción y uno de reinyección como pozos de repuesto tal como se indica en la Fig. 3-1-22 para el escenario 2.

## **3. Escenario 3: 40 MW**

La Fig. 3-1-29 muestra la potencia estimada para los pozos existentes y un pozo productor adicional. Las Figs. 3-1-30 y Fig. 3-1-31 muestran la potencia estimada para cada uno de los pozos que contribuyen a la potencia total.

El reservorio es capaz de sostener las dos plantas generadoras de 20 MW sin mucha dificultad con el número programado de pozos de producción y reinyección, sin embargo, se recomienda perforar un pozo de producción y uno de reinyección como pozos de repuesto tal como se indica en la Fig. 3-1-22 para el escenario 3.

Fig. 3.1.1 Reservoir Simulation Methodology (貯留層シミュレーション手法)

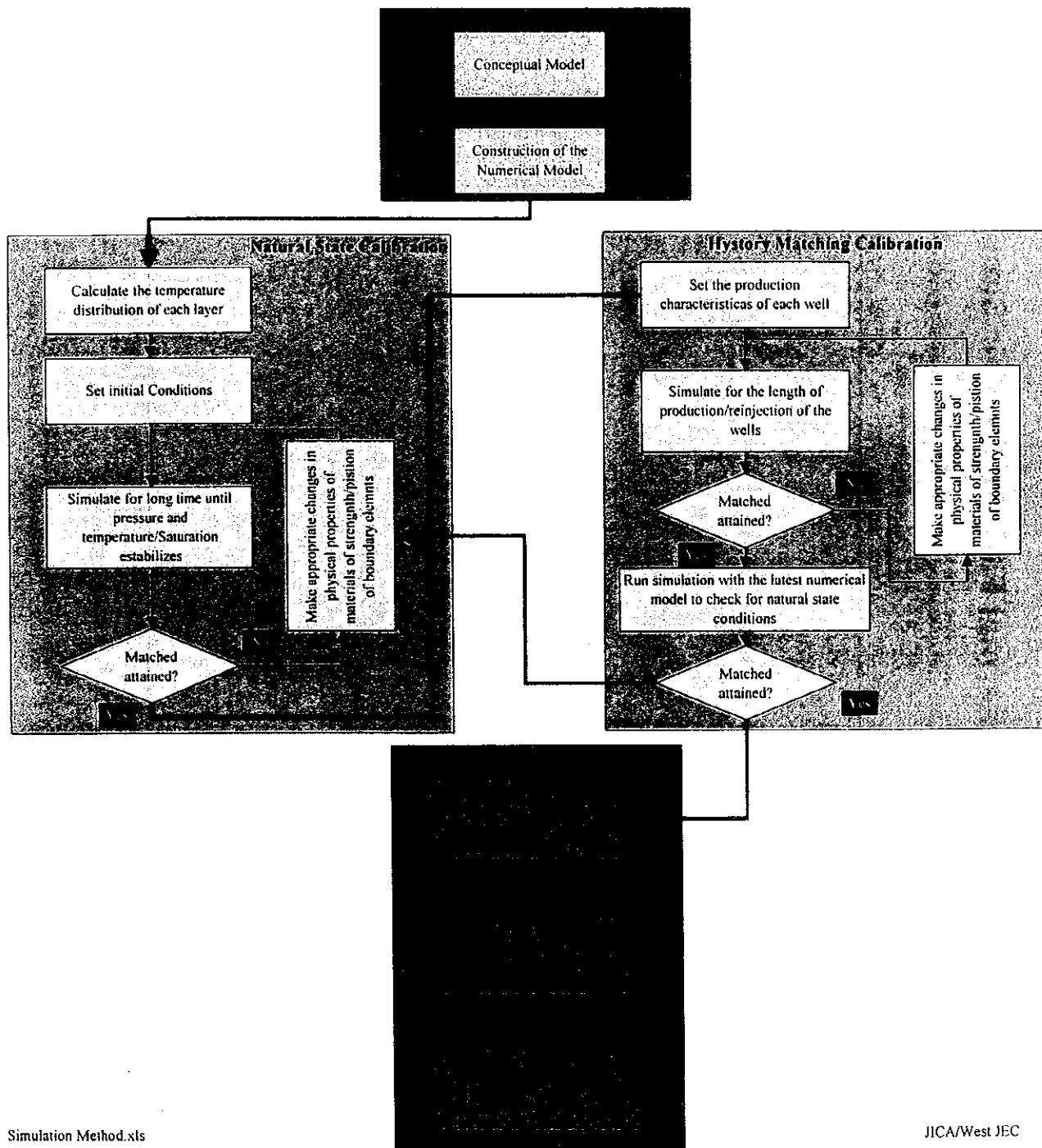
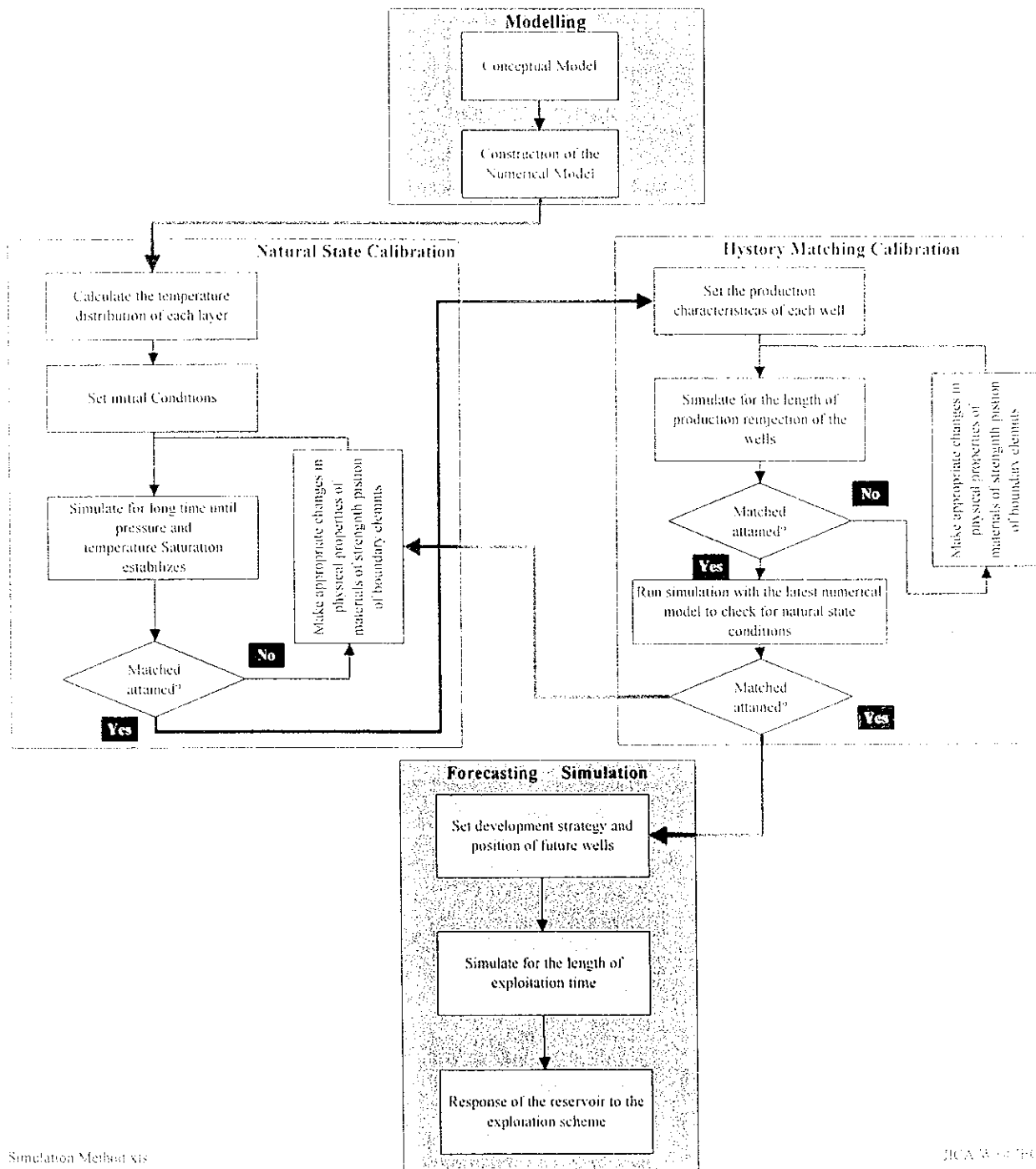




Fig. 3.1.1 Reservoir Simulation Methodology (貯留層シミュレーション手法)



# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-2 Control volume and grid used to represent the Amatitlan reservoir  
 アマテイトラン地熱貯留層数値モデルのブロック分割

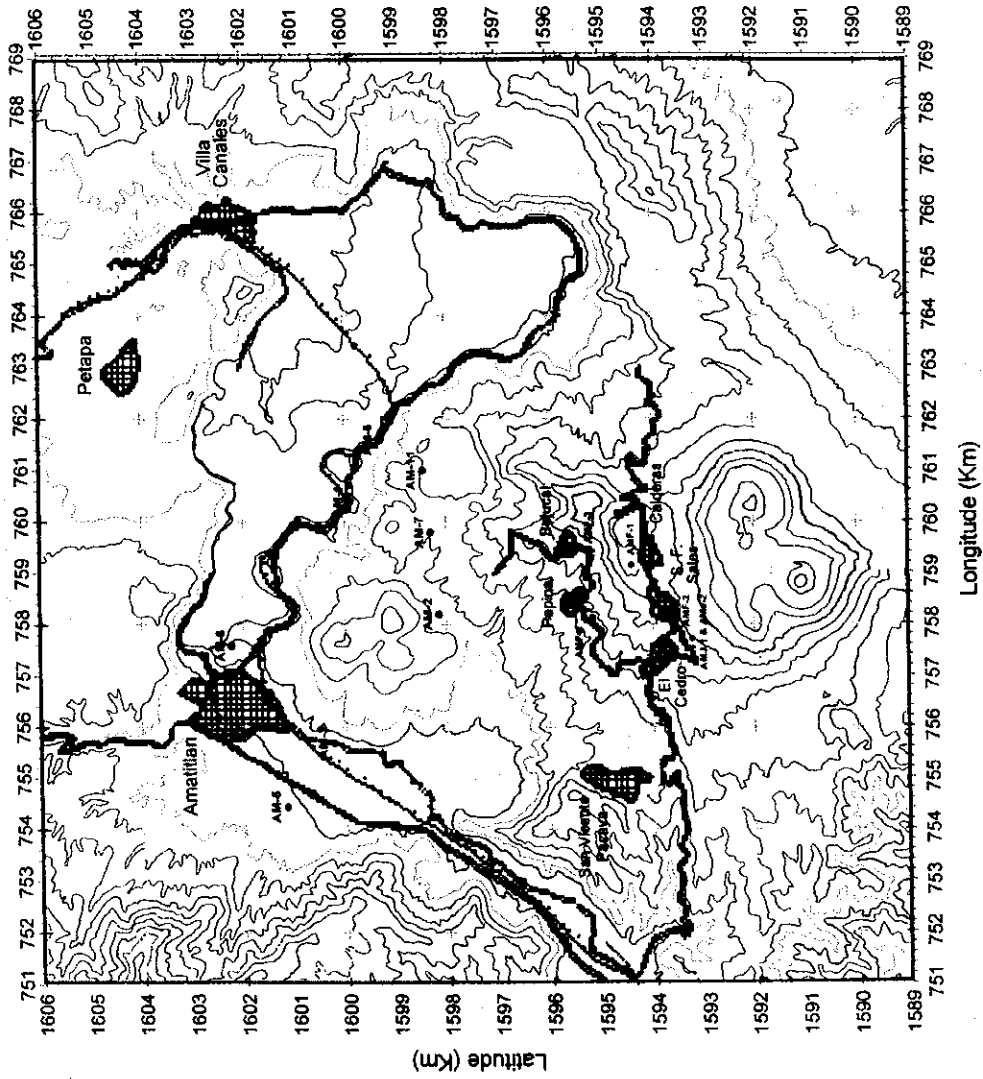
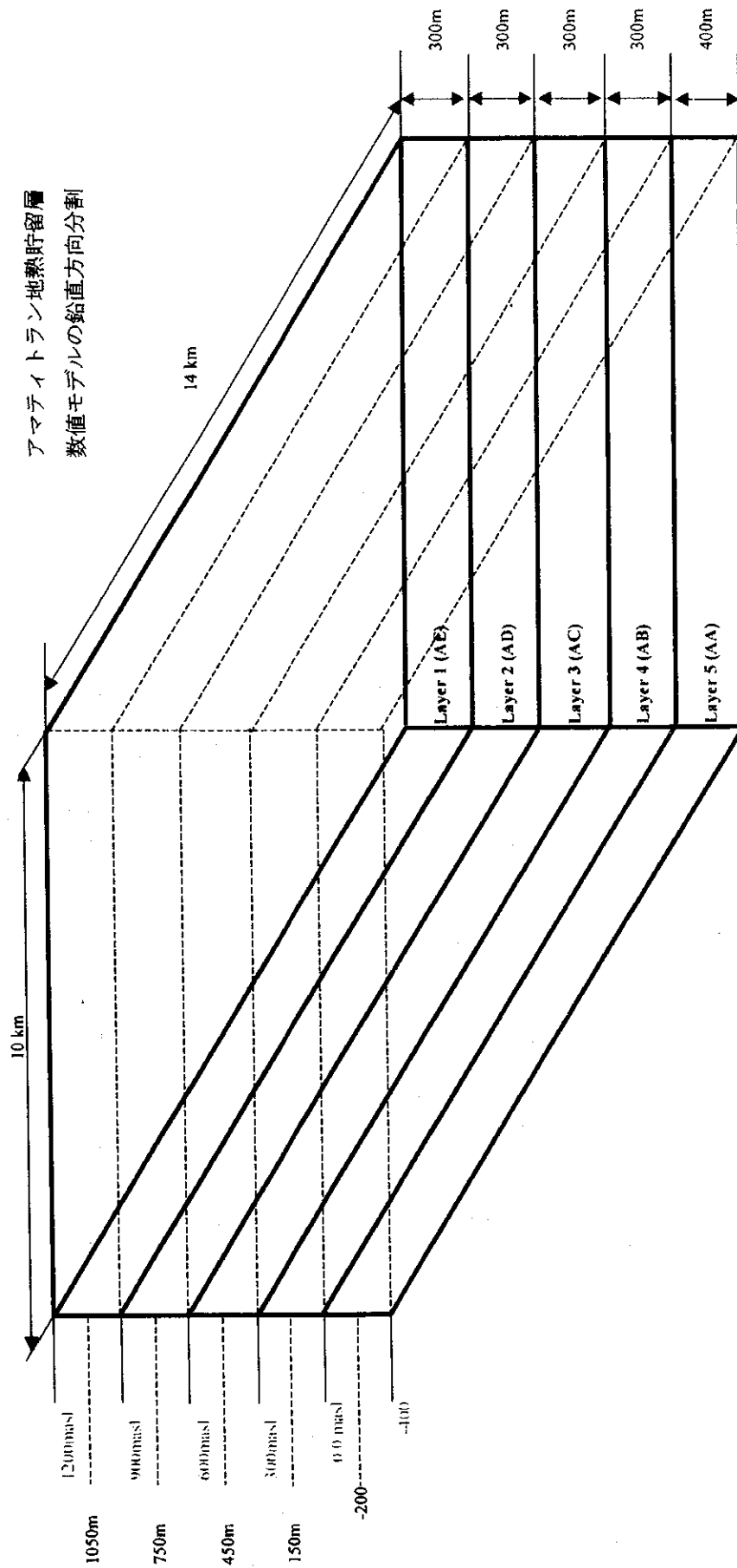


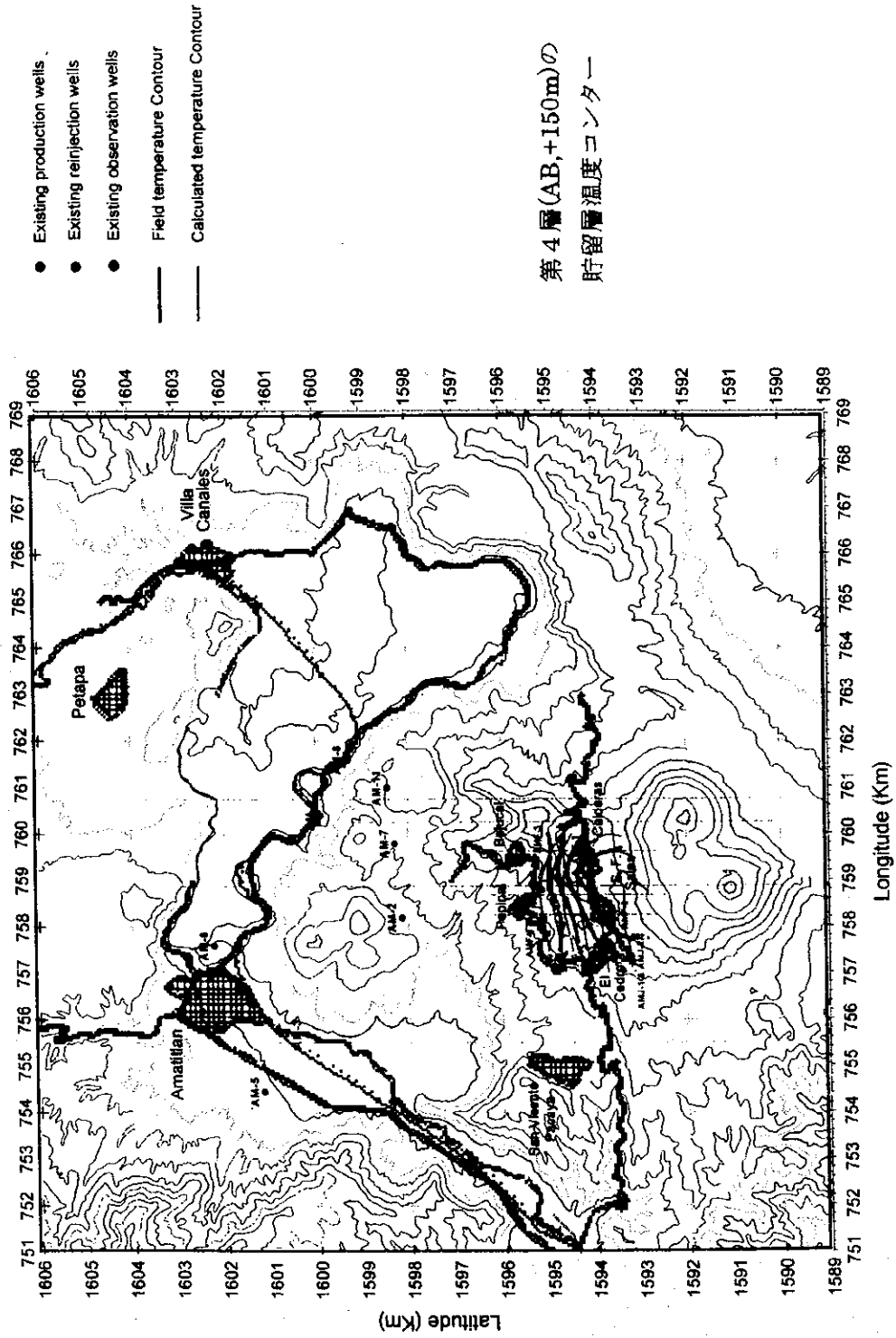
Fig. 3-1-3 Layers of the control volume



アマテイトラン地熱貯留層  
数値モデルの鉛直方向分割

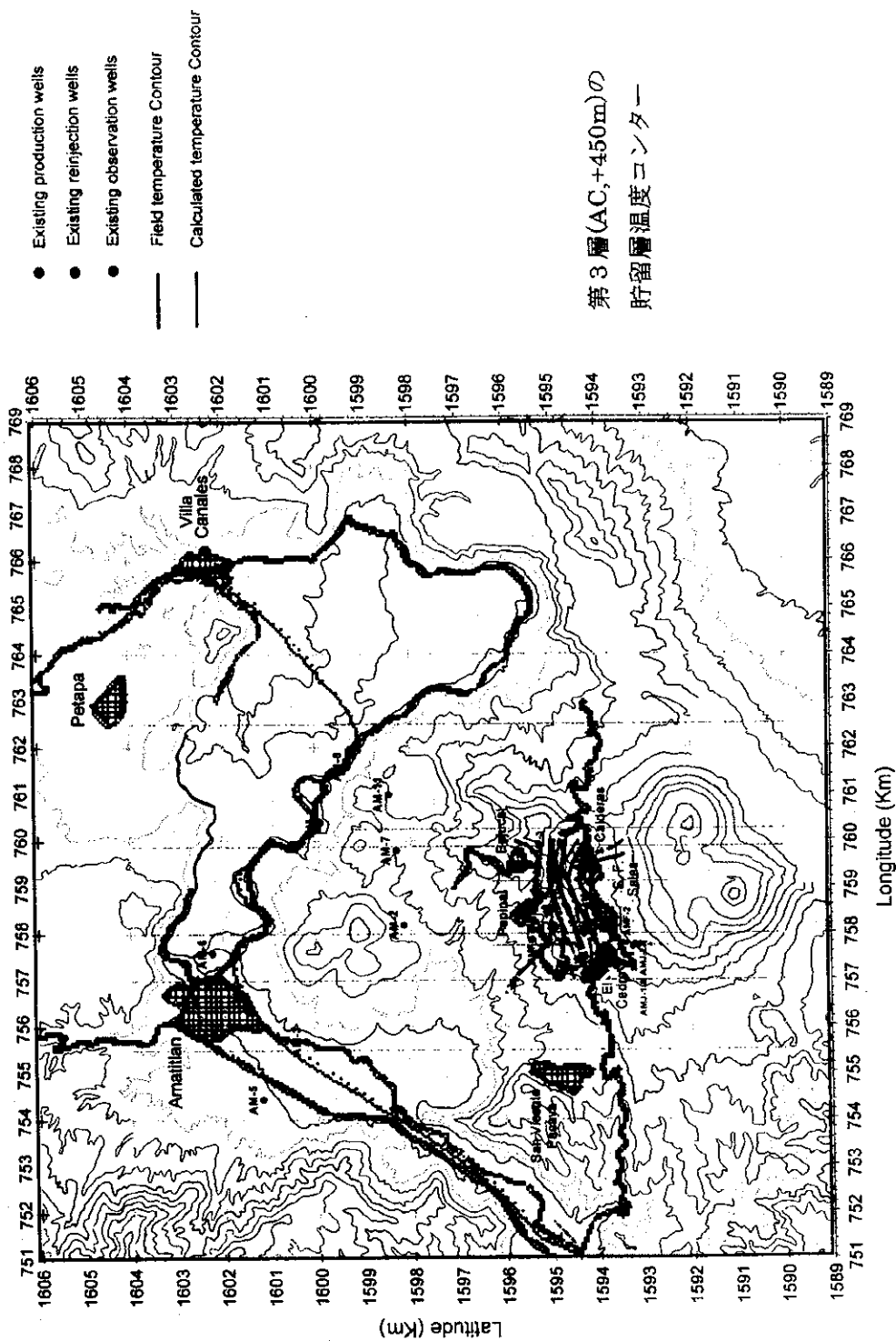
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-4 Contour map of field and calculated temperatures, layer 4 (AB, +150 m)



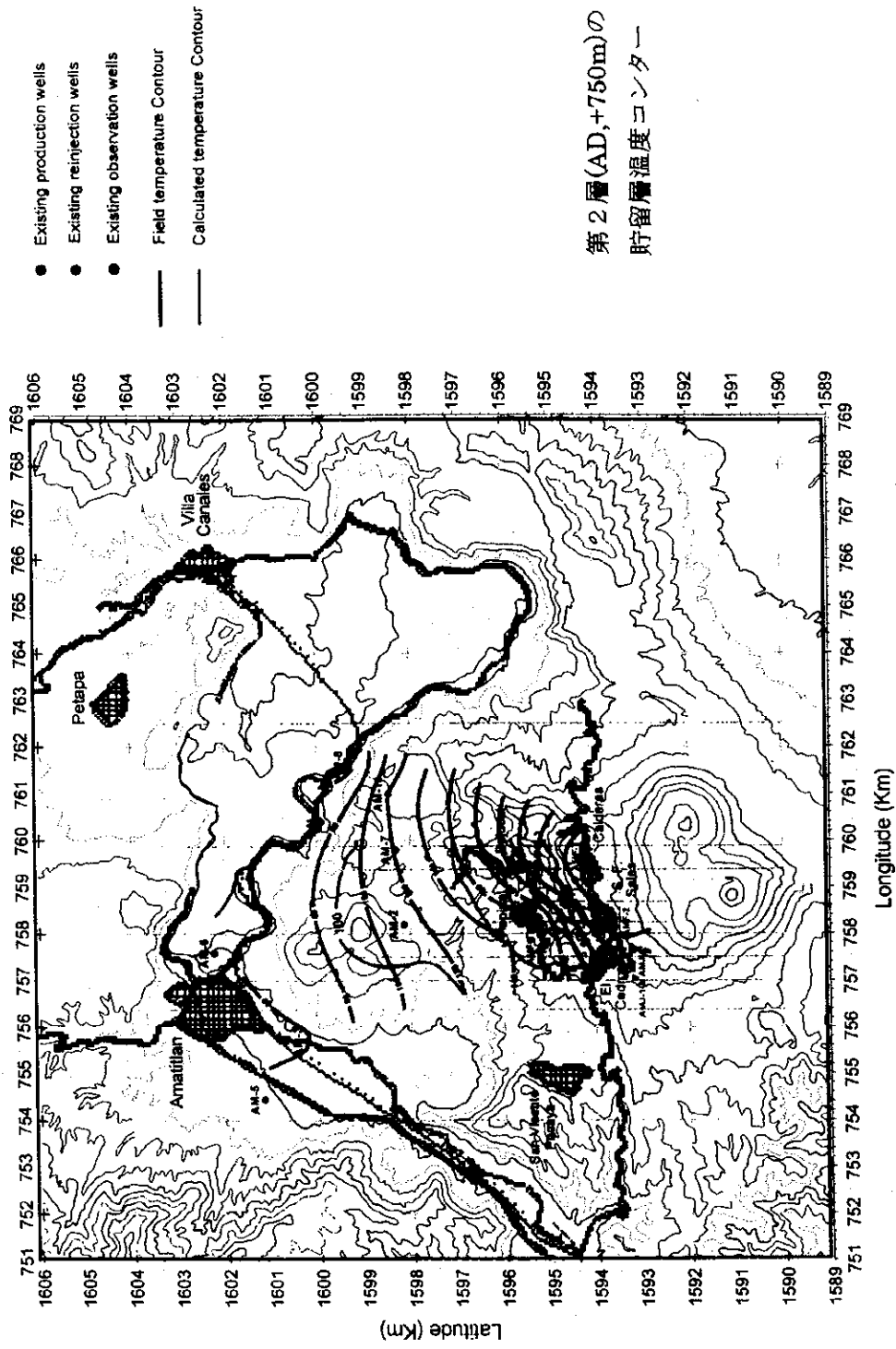
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-5 Contour map of field and calculated temperatures, layer 3 (AC, +450 m)



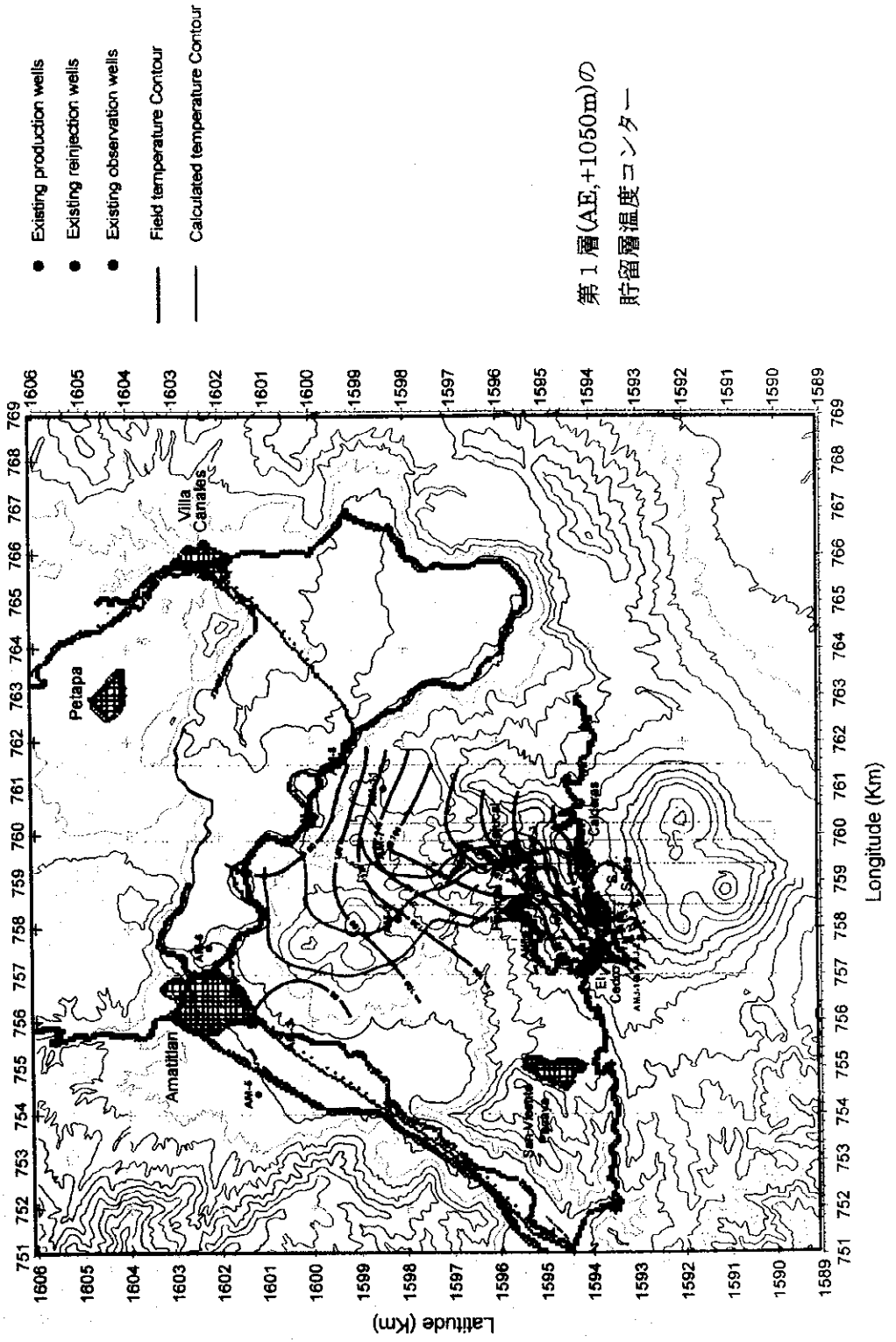
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-6 Contour map of field and calculated temperatures, layer 2 (AD, +750 m)

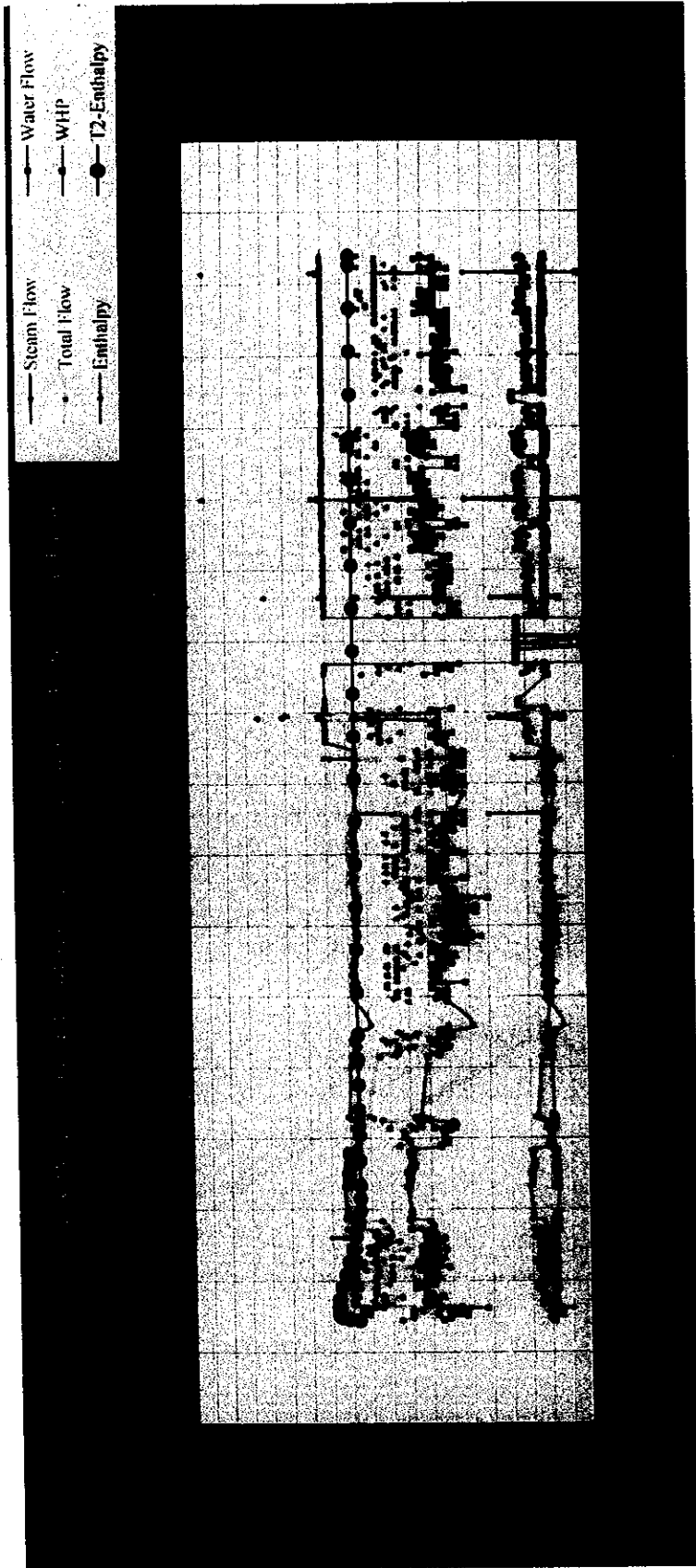


# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-7 Contour map of field and calculated temperatures, layer 1 (AE, +1050 m)

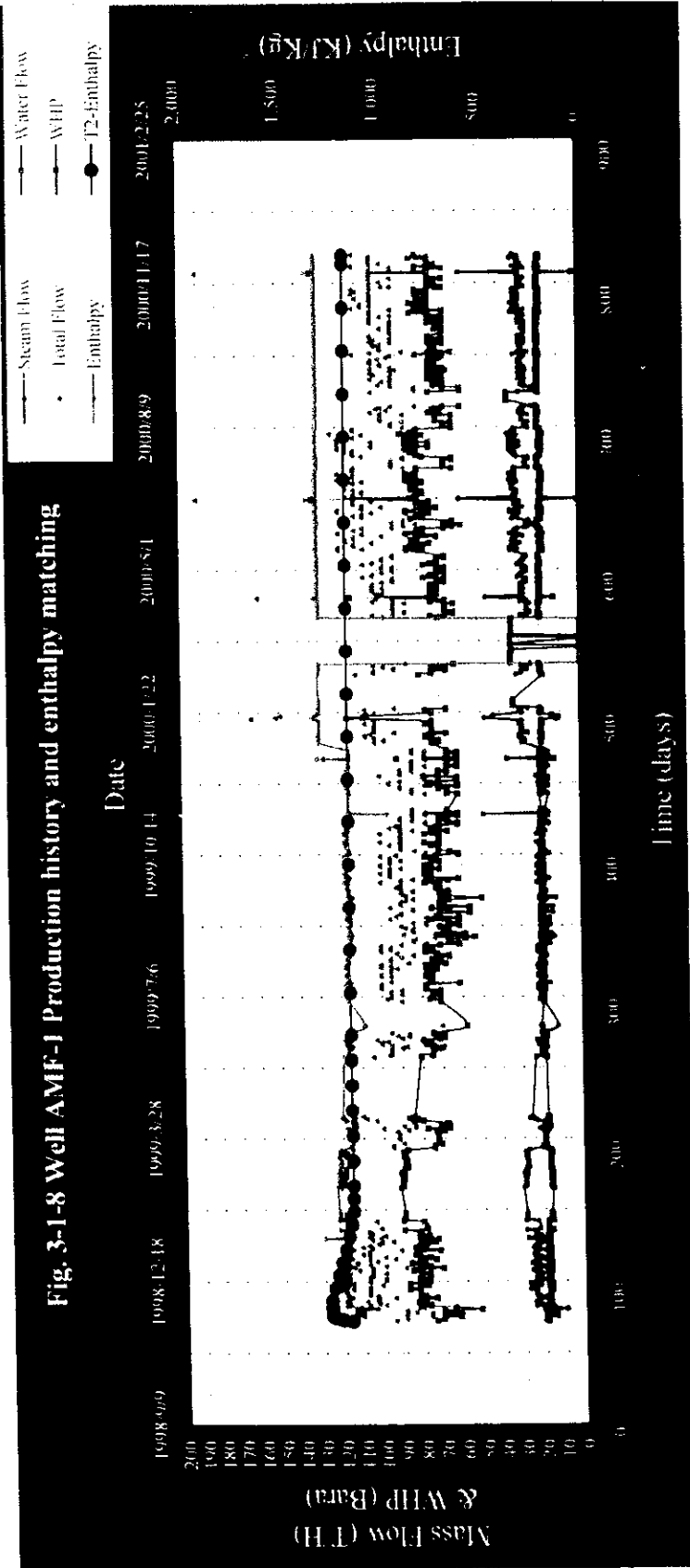


生産井 AMF-1 の噴出量変化とエンタルピーマッピング

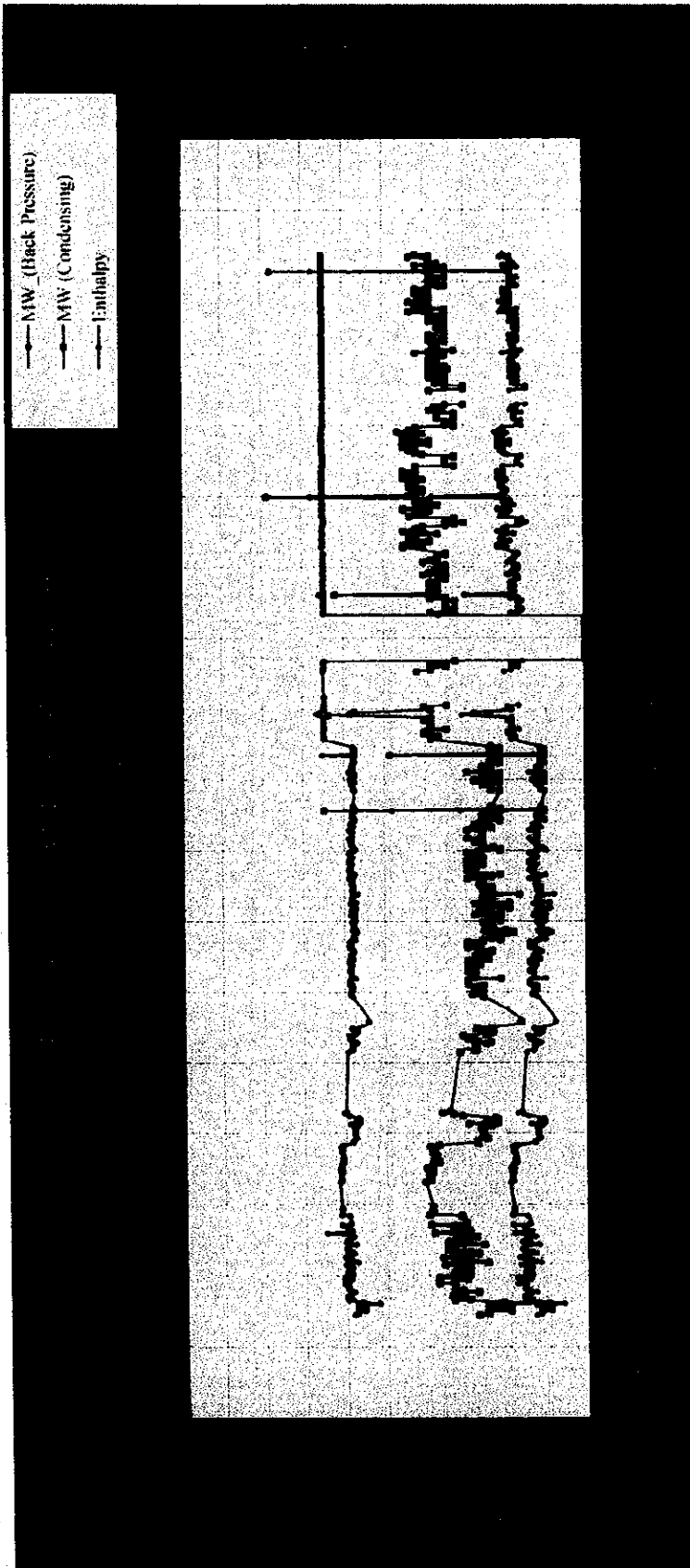




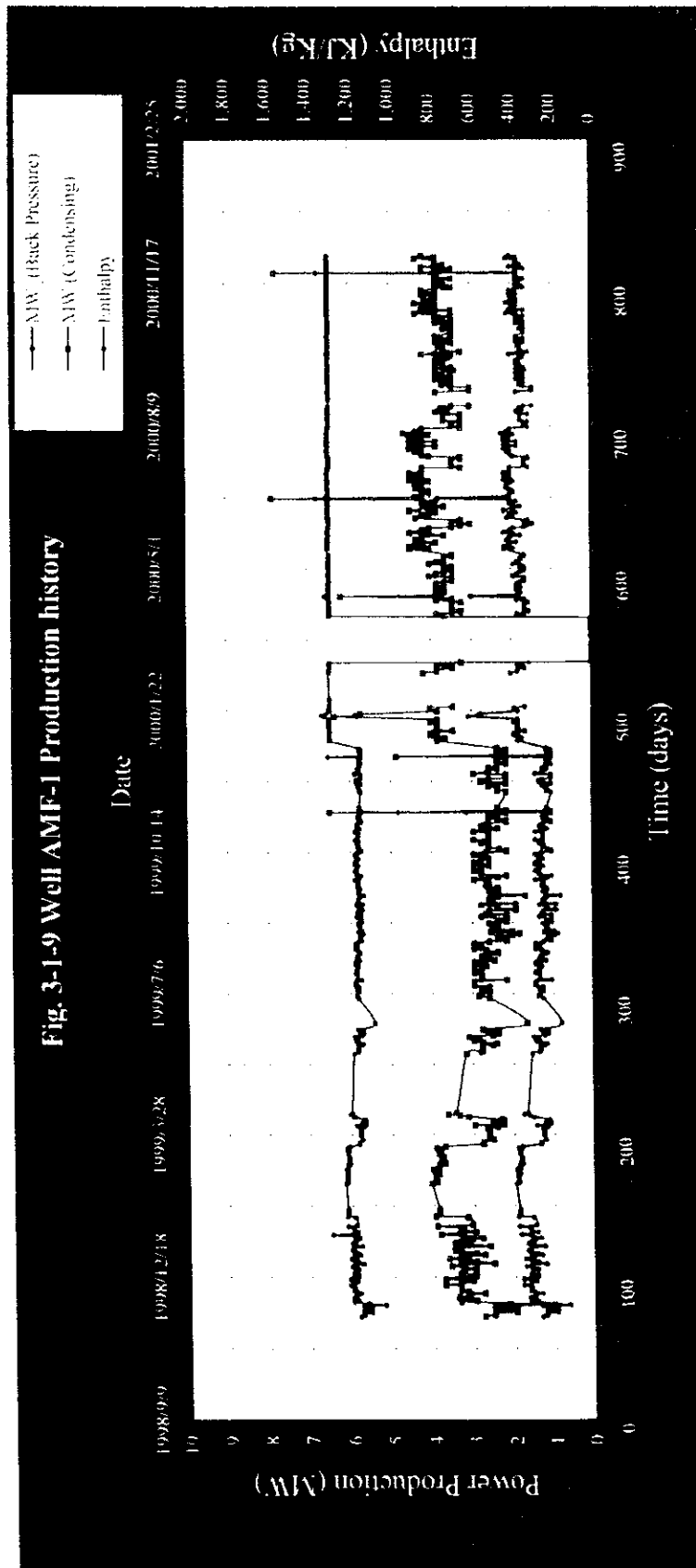
生産井 AMF-1 の噴出量変化とエンタルピーマッチング



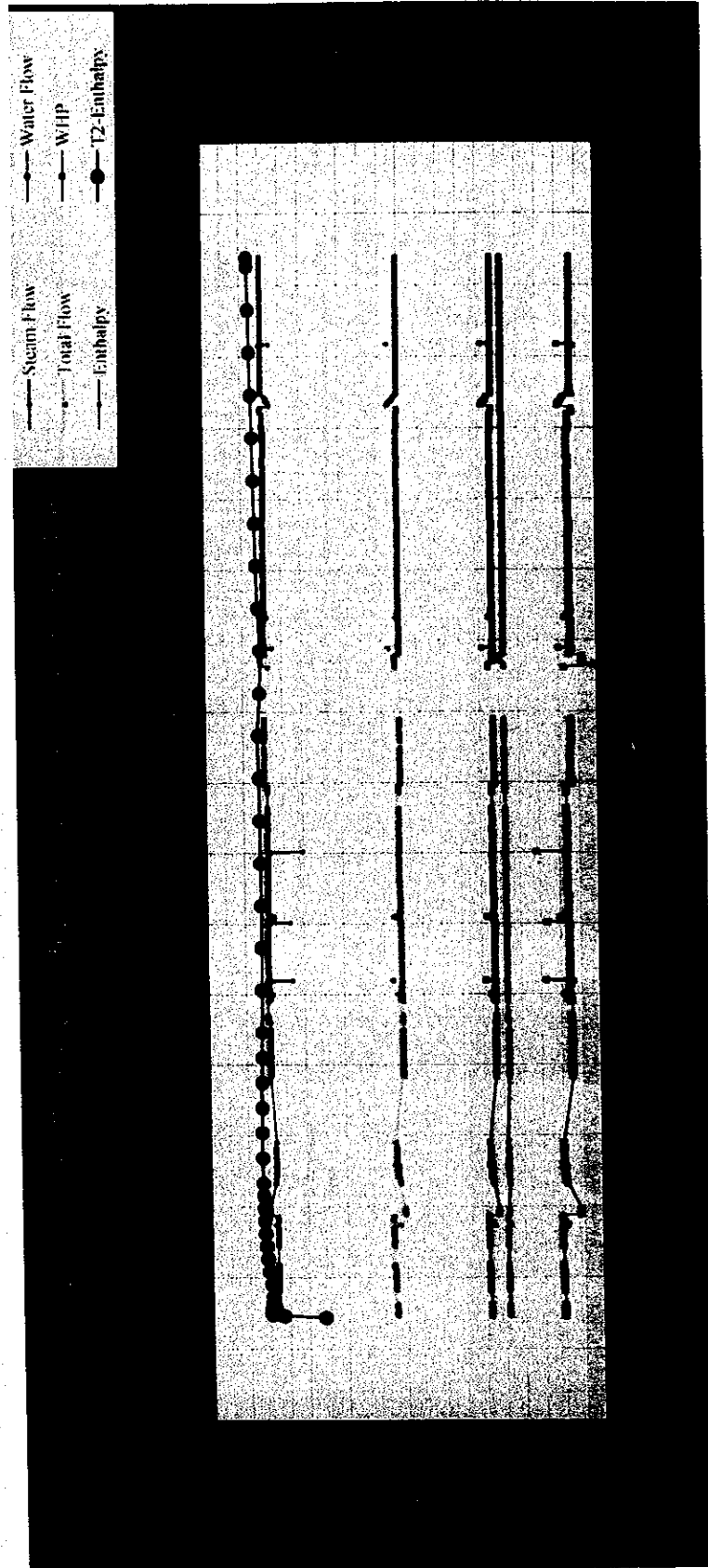
生産井 AMF-1 の出力変化



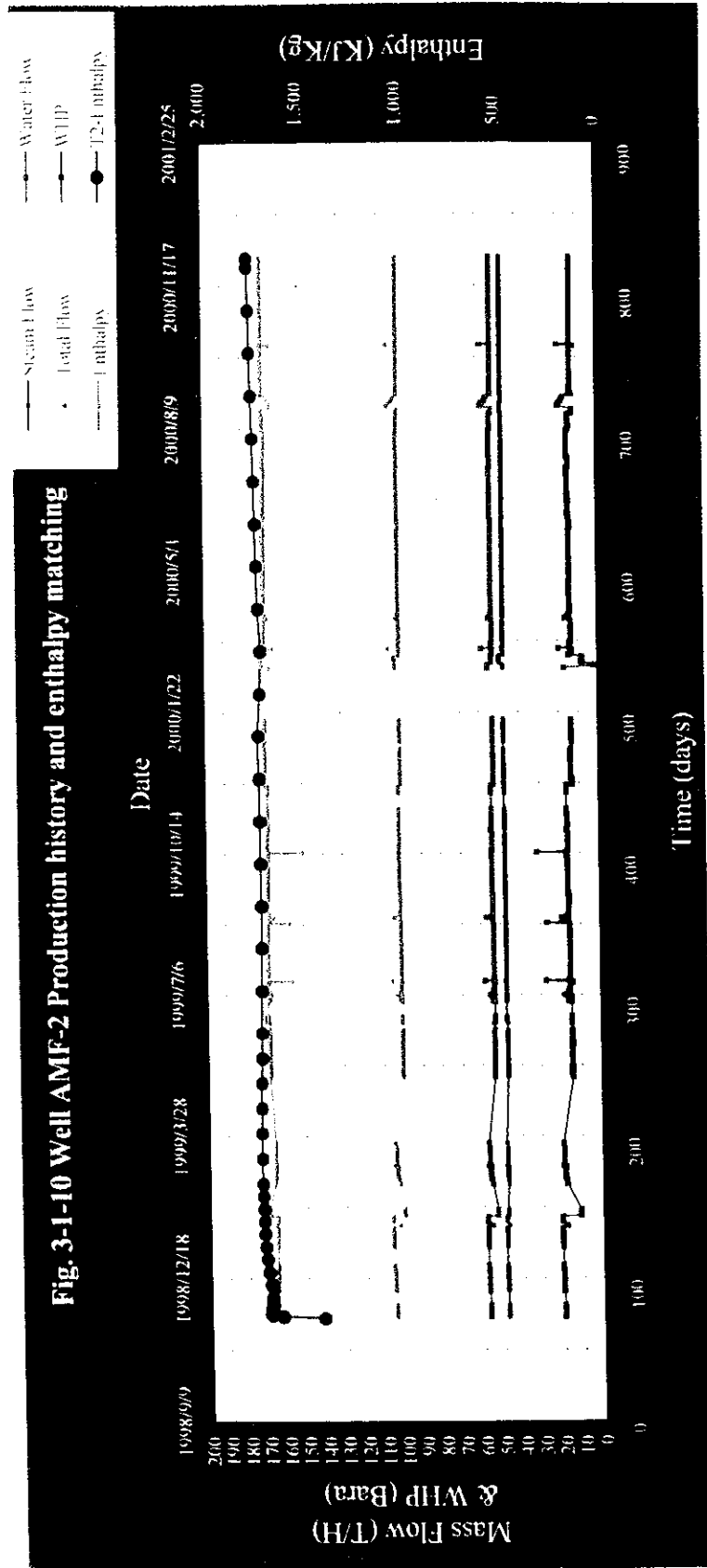
生産井 AMF-1 の出力変化



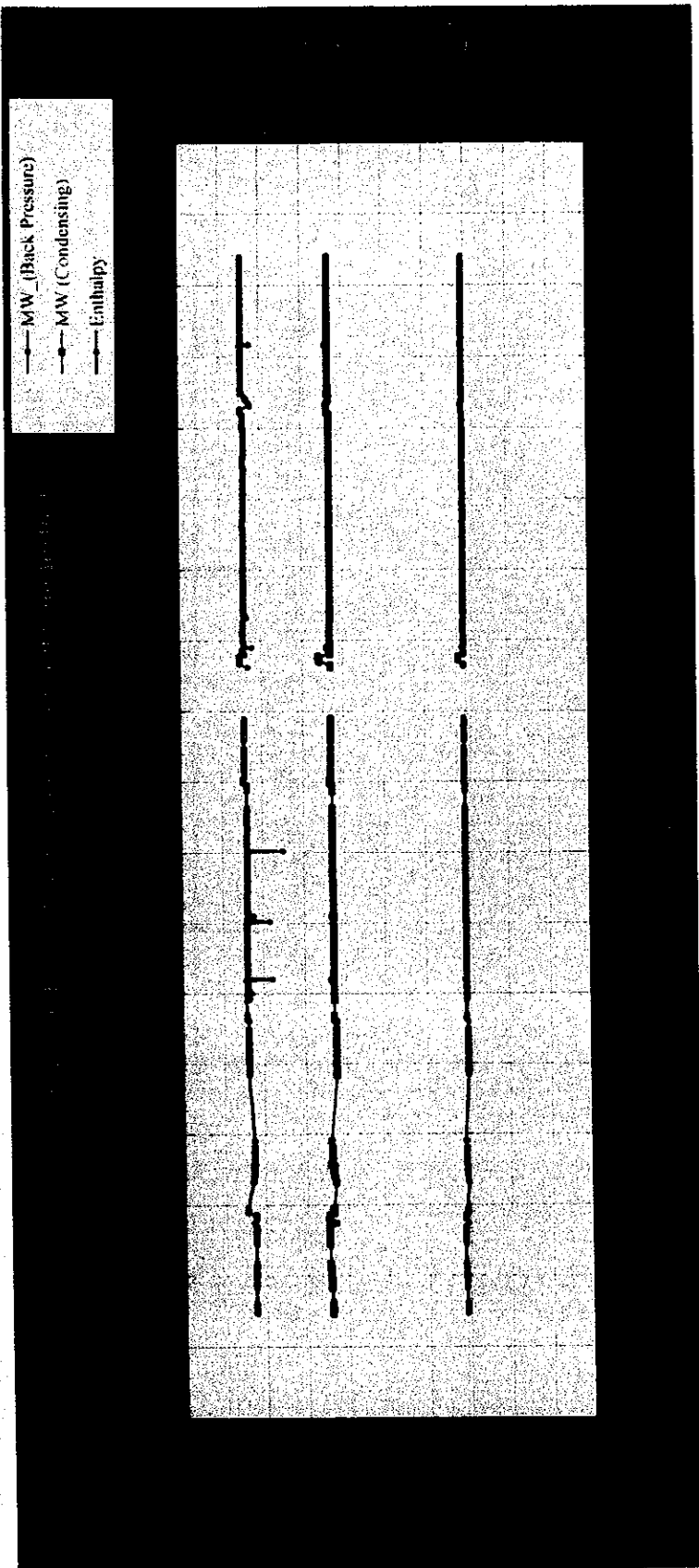
生産井 AMF-2 の噴出量変化とエンタルピーマッチング



生産井 AMF-2 の噴出量変化とエンタルピーマッピング

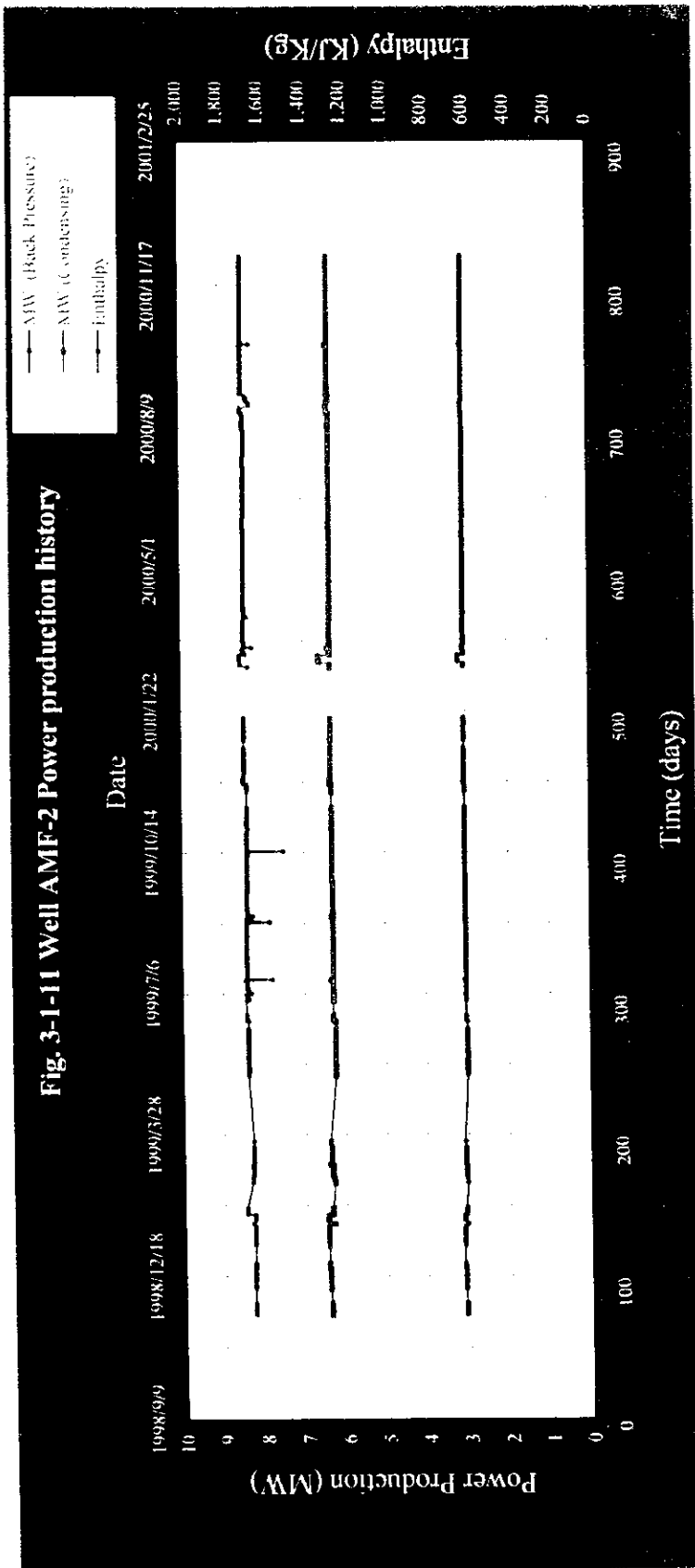


生産井 AMF・2 の出力変化

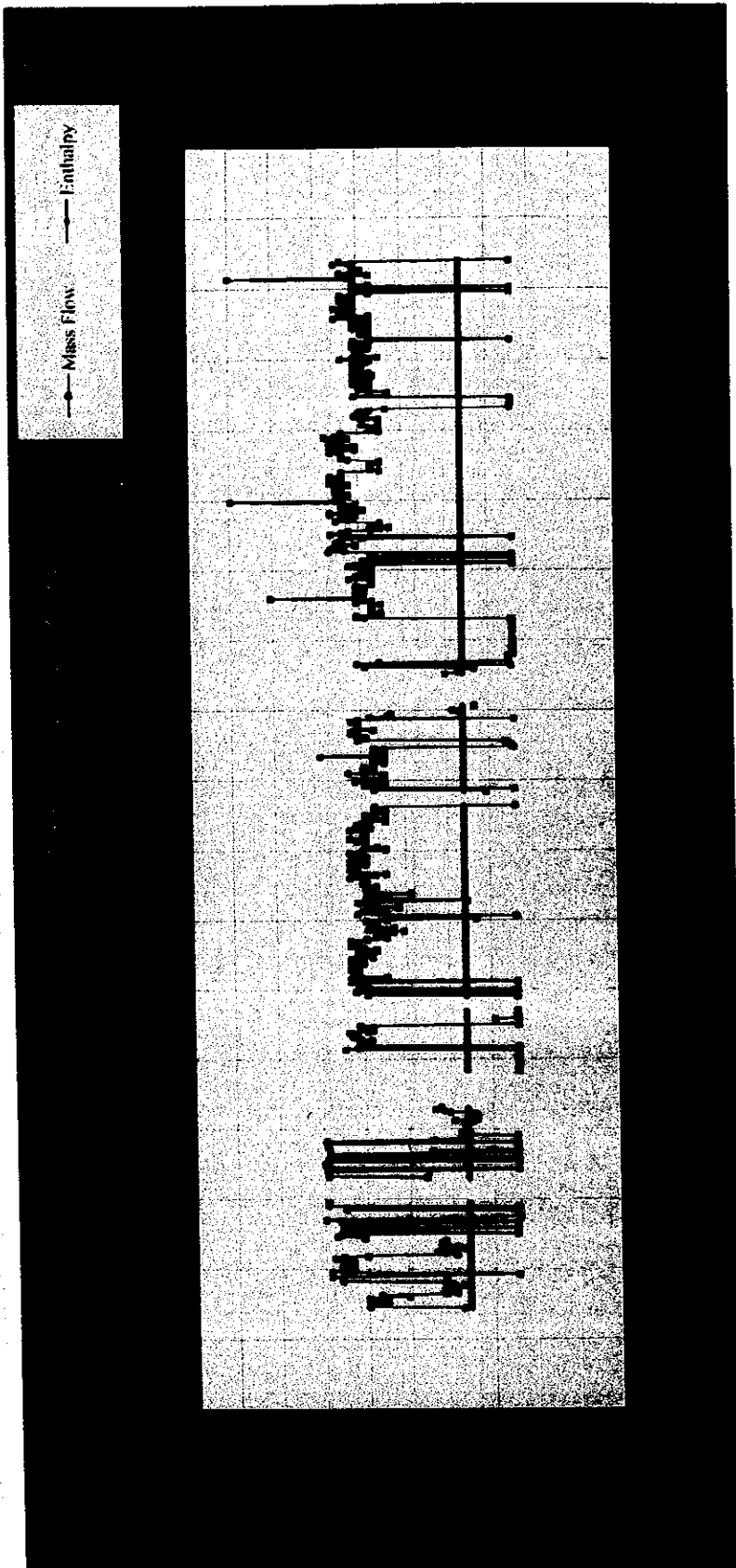


生産井 AMF-2 の出力変化

Fig. 3-1-11 Well AMF-2 Power production history

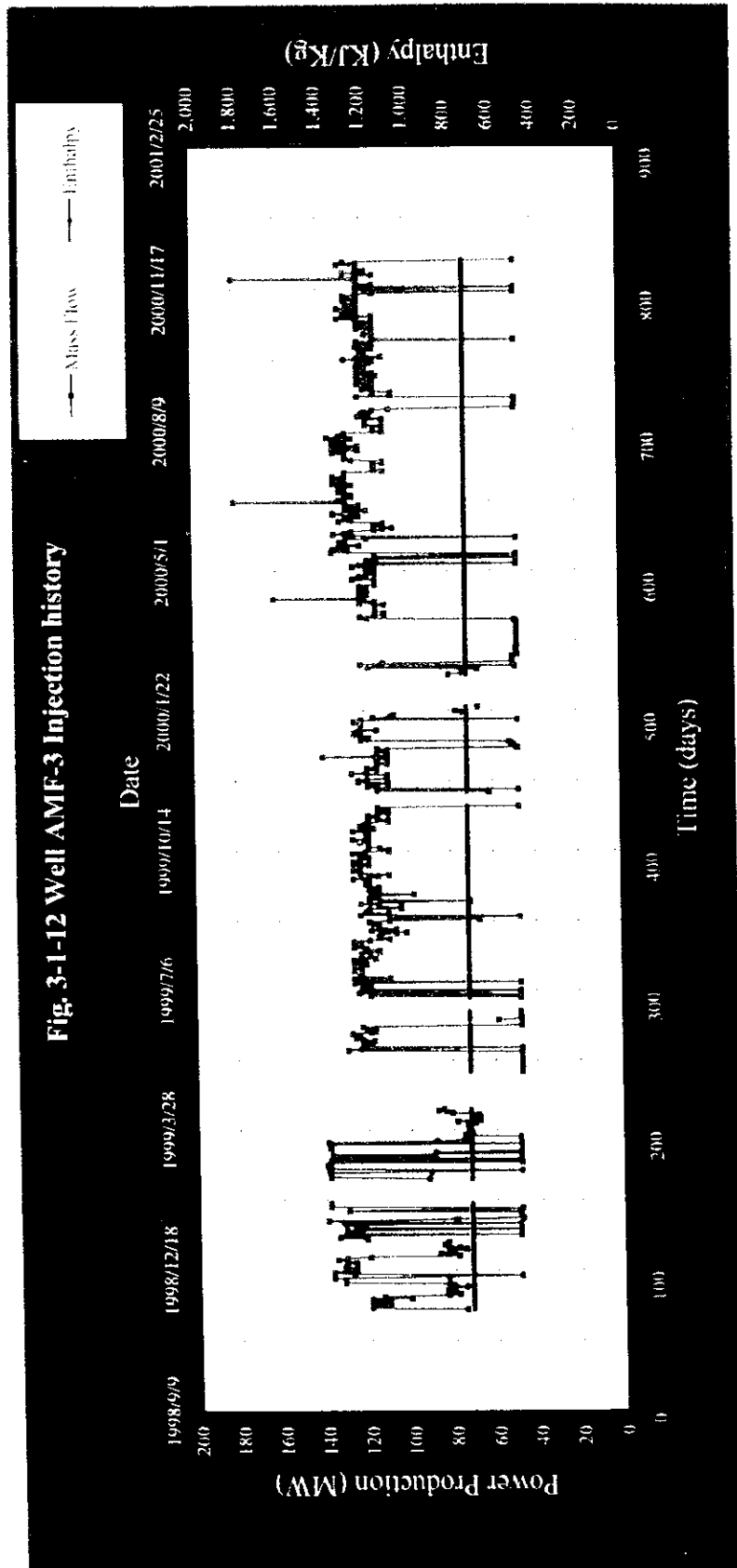


遷元井 AMF-3 の遷元量変化



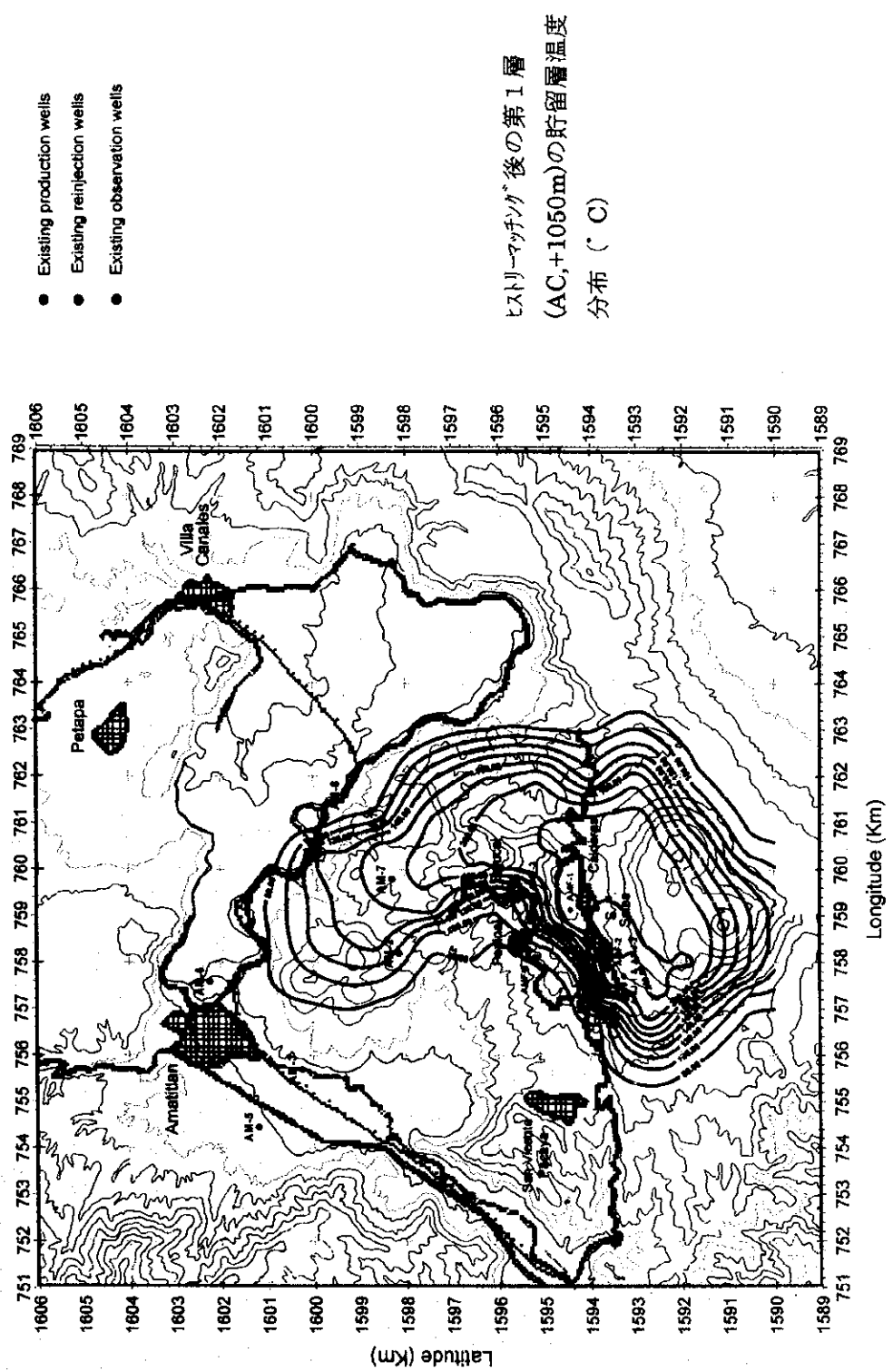


還元井 AMF-3 の還元量変化



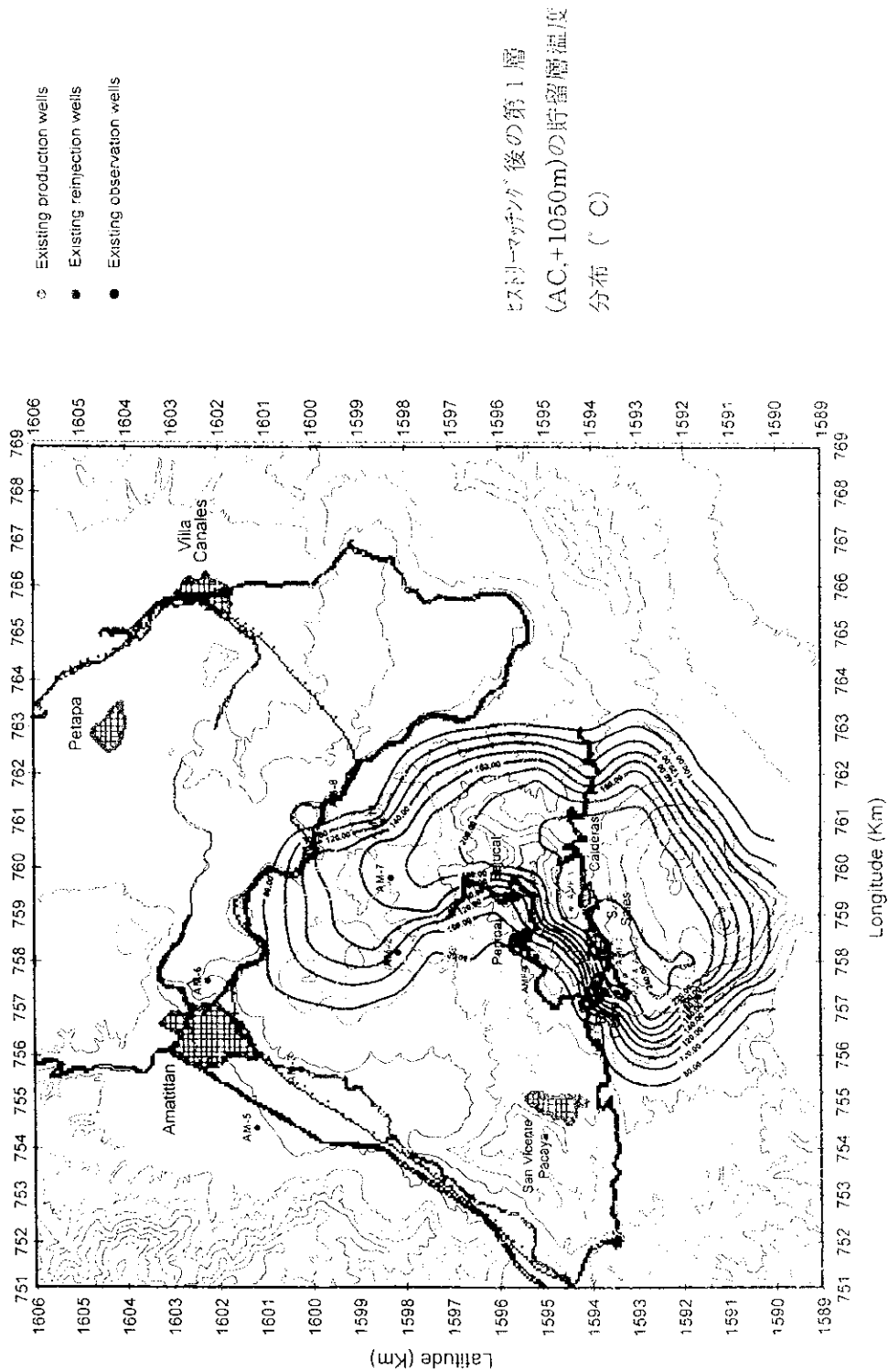
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-13 Temperature (C) distribution after history matching calibration, Layer 1 (AE, +1050)



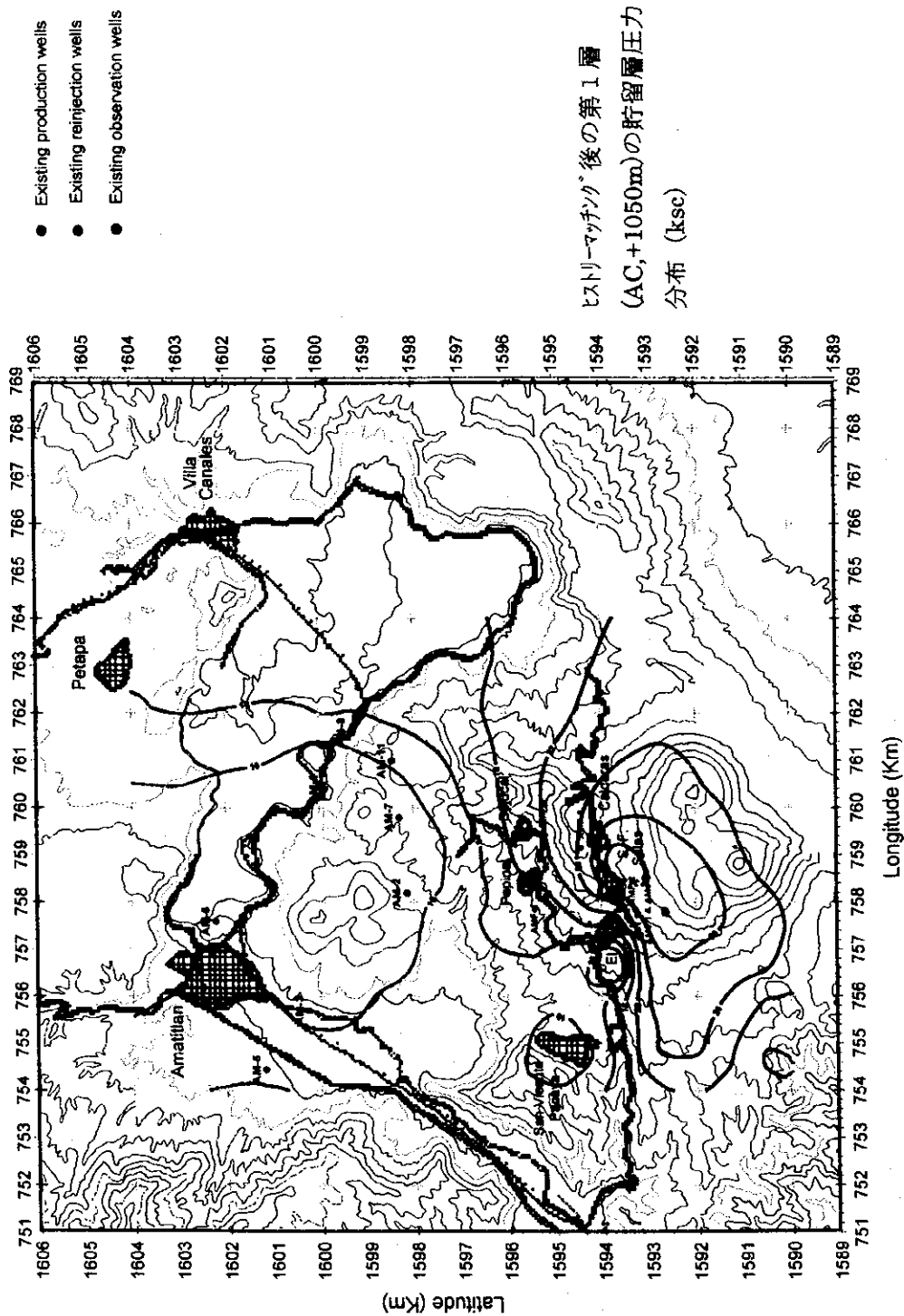
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-13 Temperature (C) distribution after history matching calibration. Layer 1 (AE, +1050)



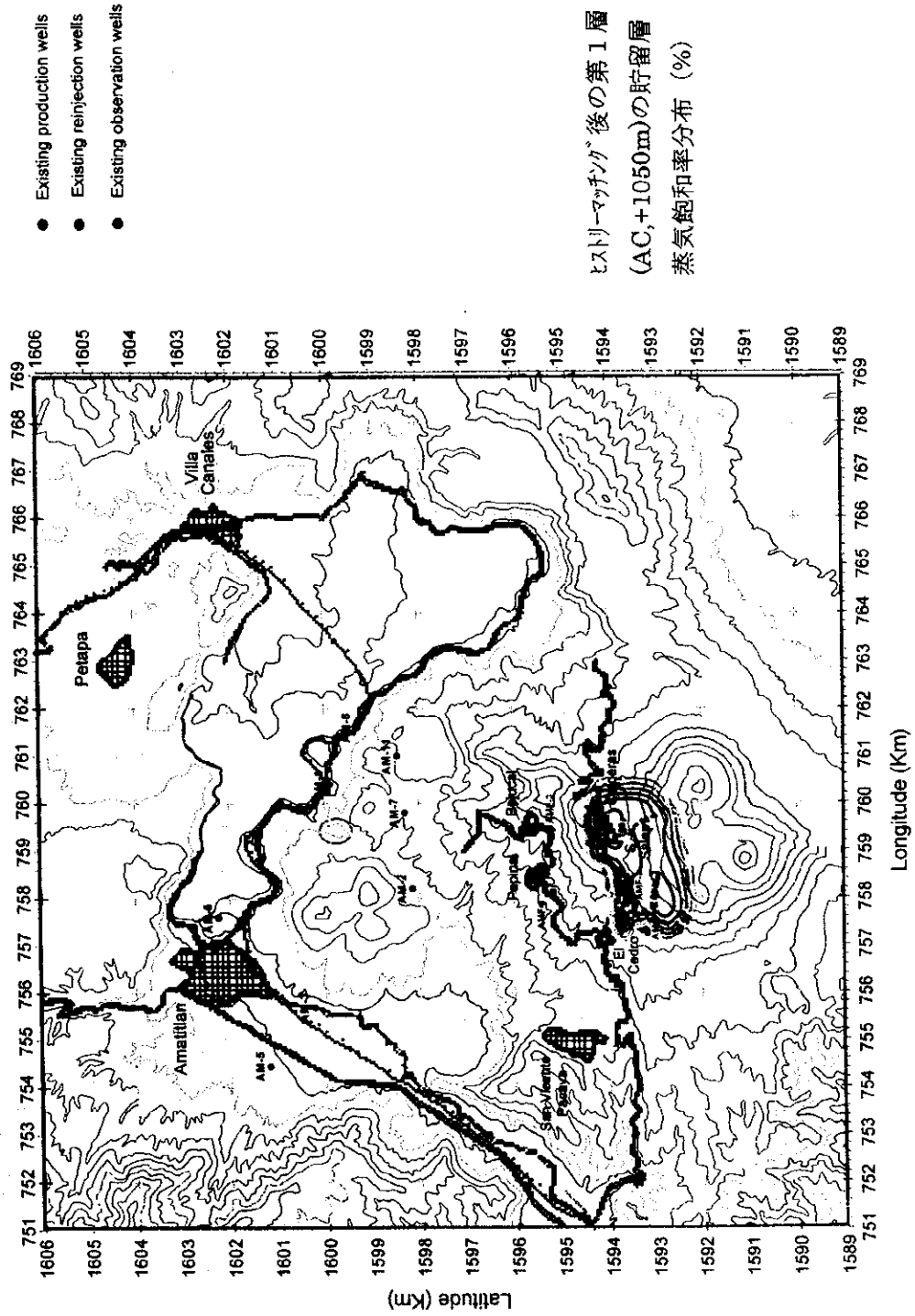
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-14 Pressure (ksc) distribution after history matching calibration, Layer 1 (AE, +1050)



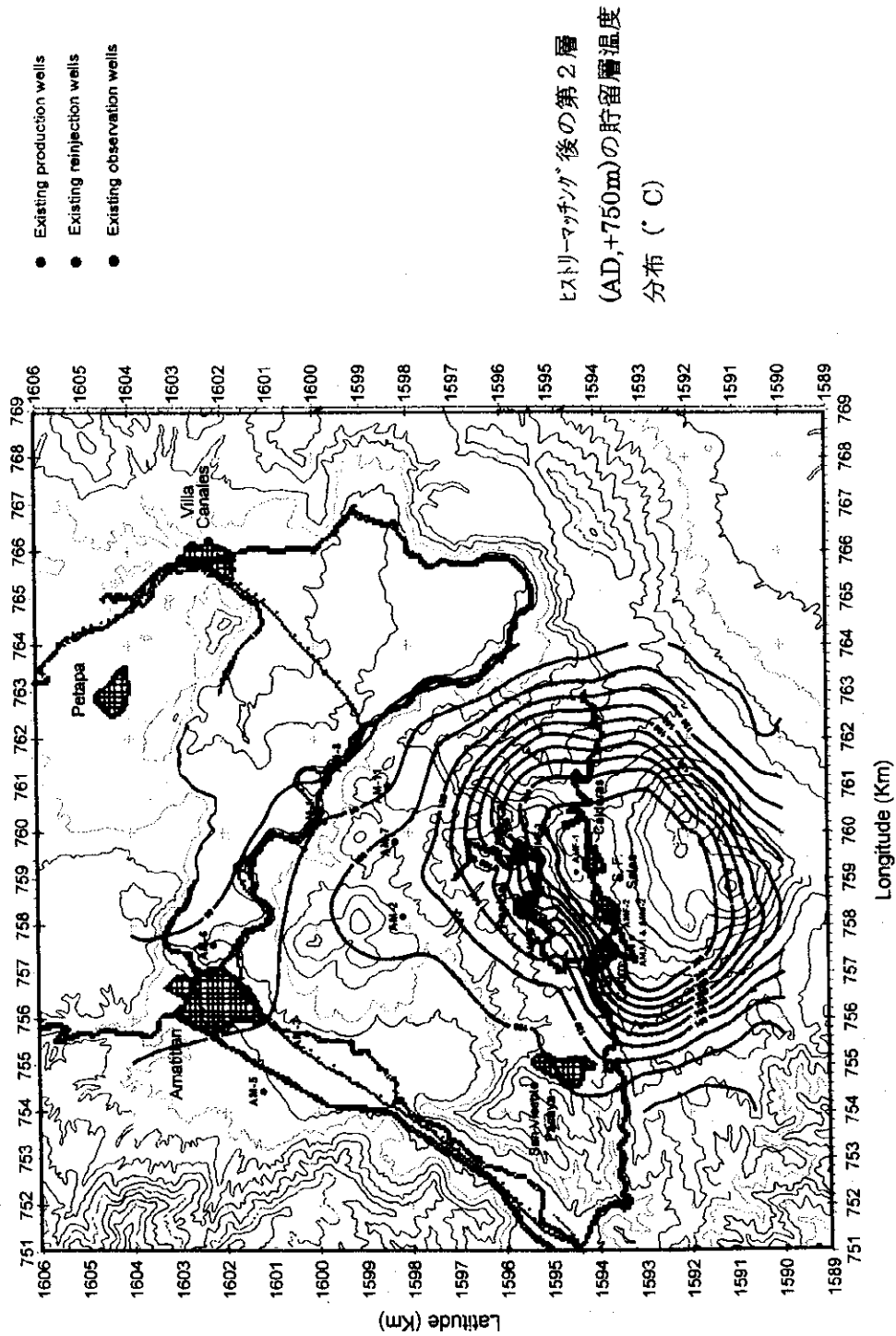
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-15 Steam Saturation (%) distribution after history matching calibration, Layer 1 (AE, +1050)



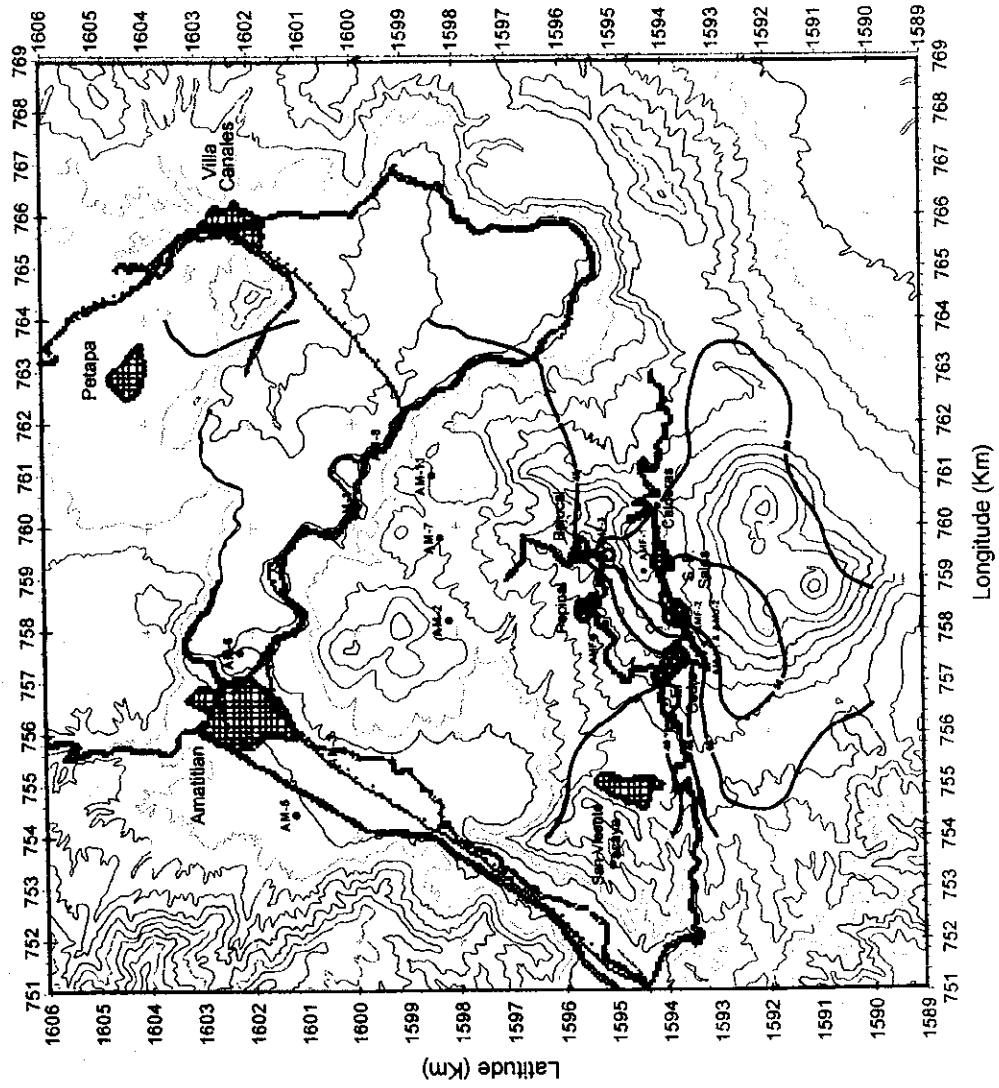
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-16. Temperature (C) distribution after history matching calibration, Layer 2 (AD, +750)



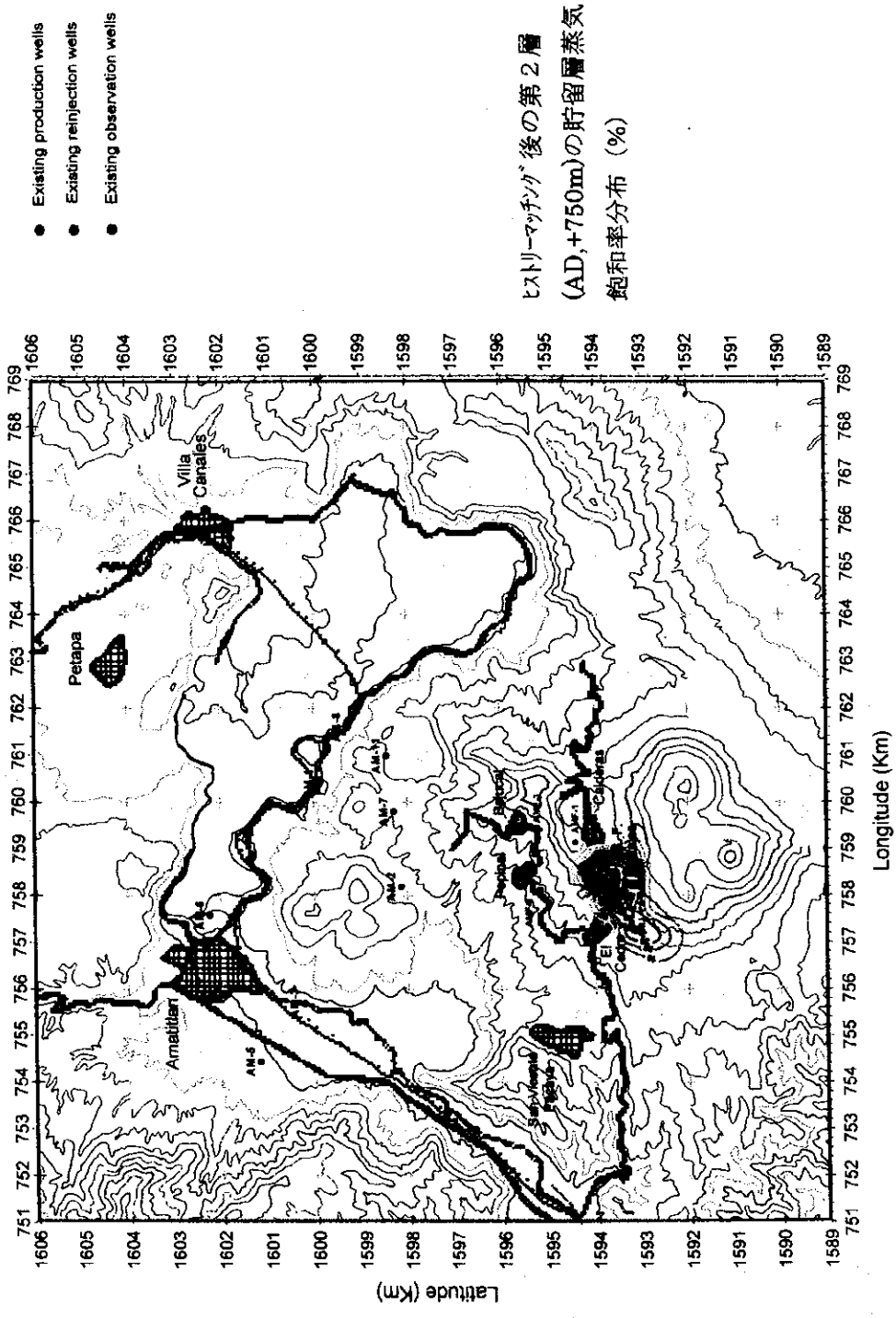
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-1 Pressure (ksc) distribution after history matching calibration, Layer 2 (AD, +750)



# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

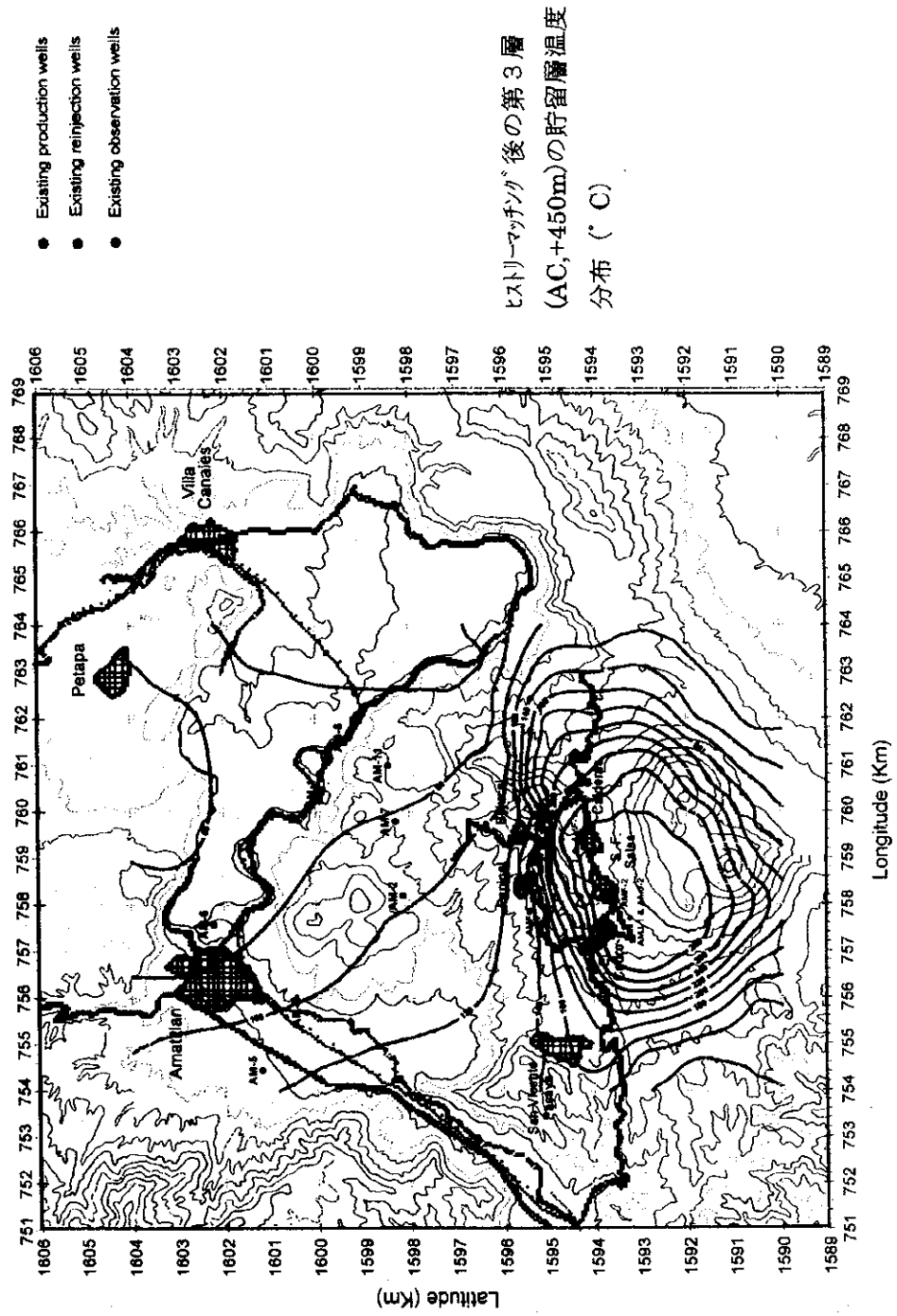
Fig. 3-1-18 Steam Saturation (%) distribution after history matching calibration, Layer 2 (AD, +750)





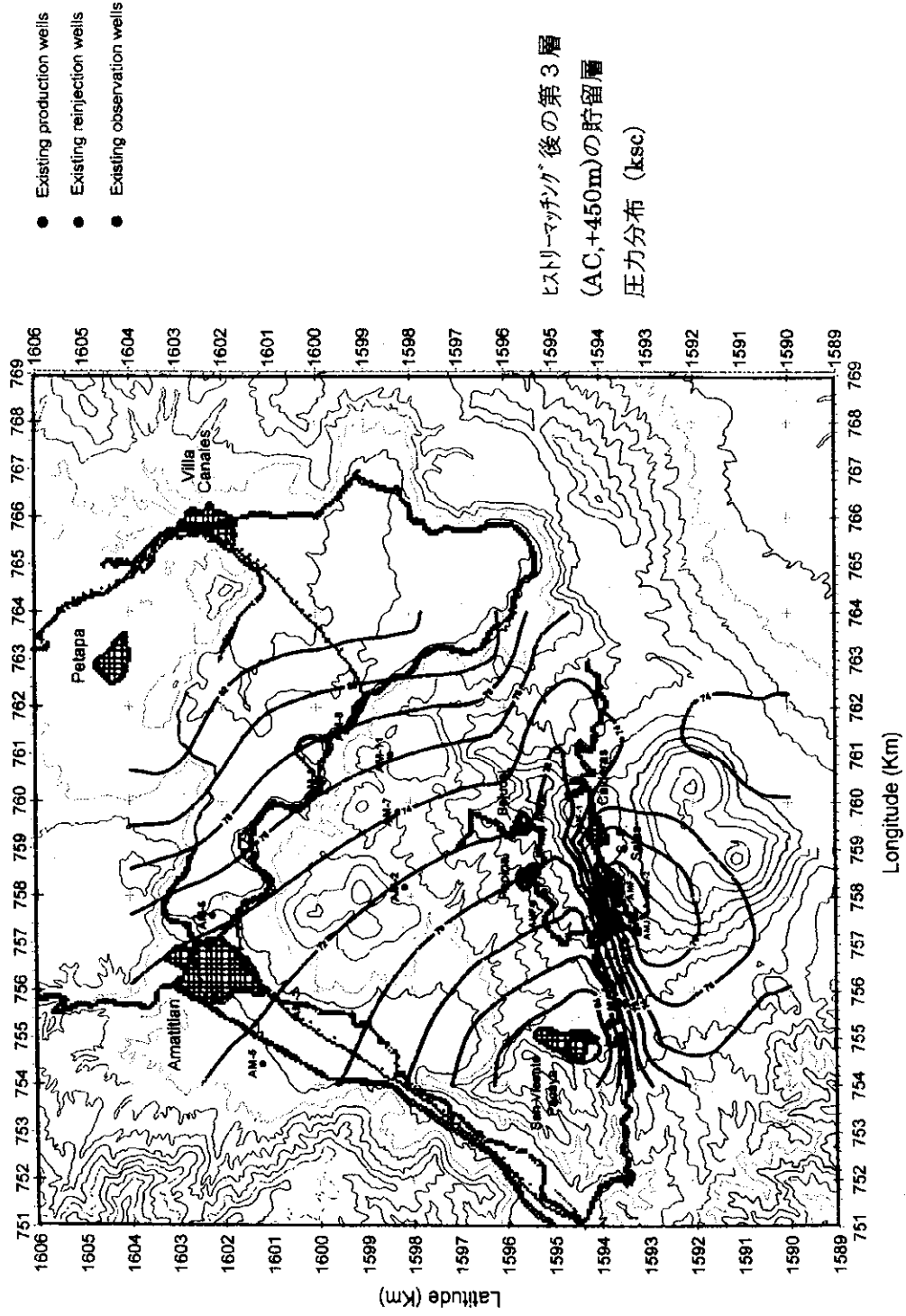
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-19 Temperature (C) distribution after history matching calibration, Layer 3 (AC, +450)



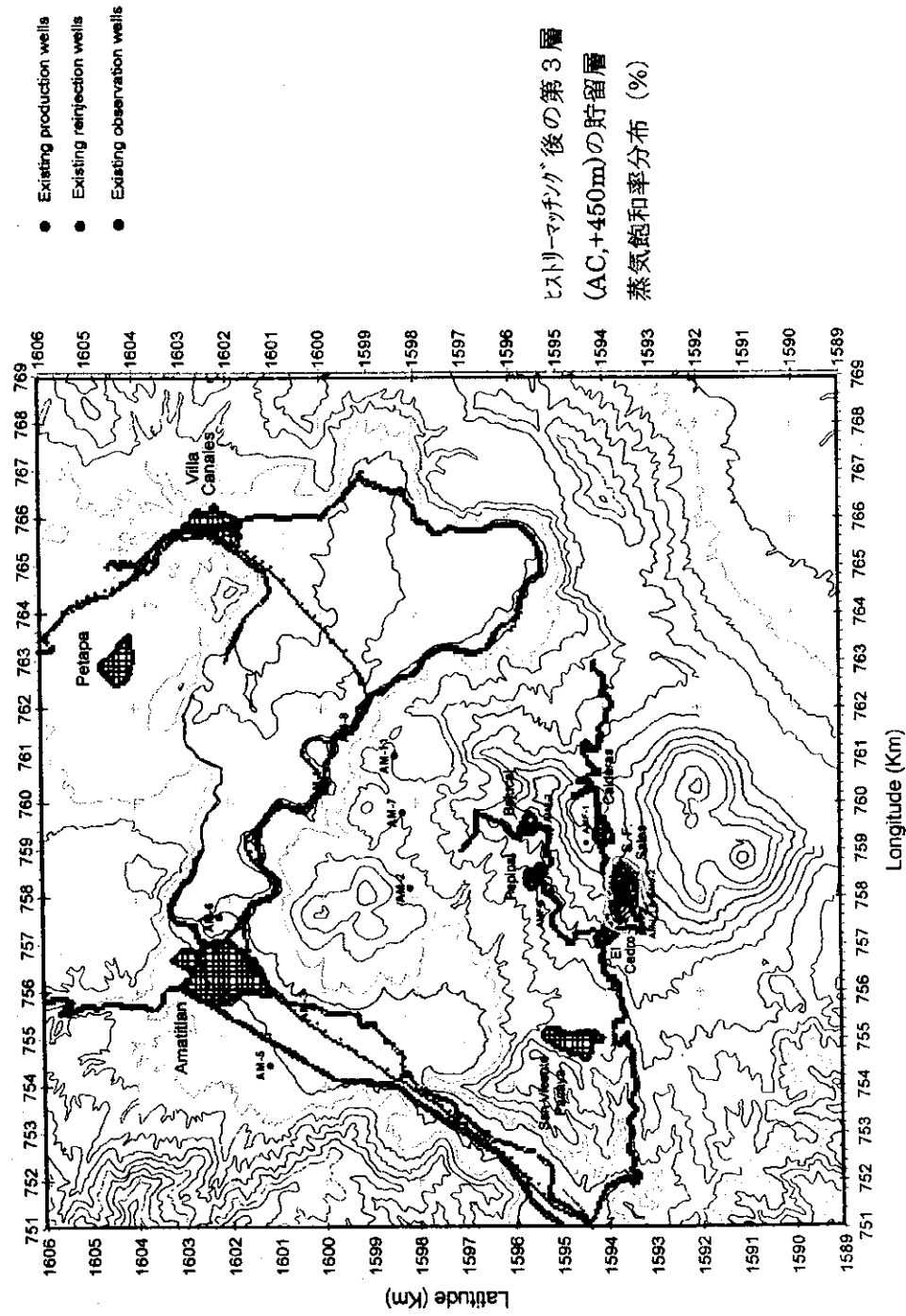
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-20 Pressure (ksc) distribution after history matching calibration, Layer 3 (AC, +450)



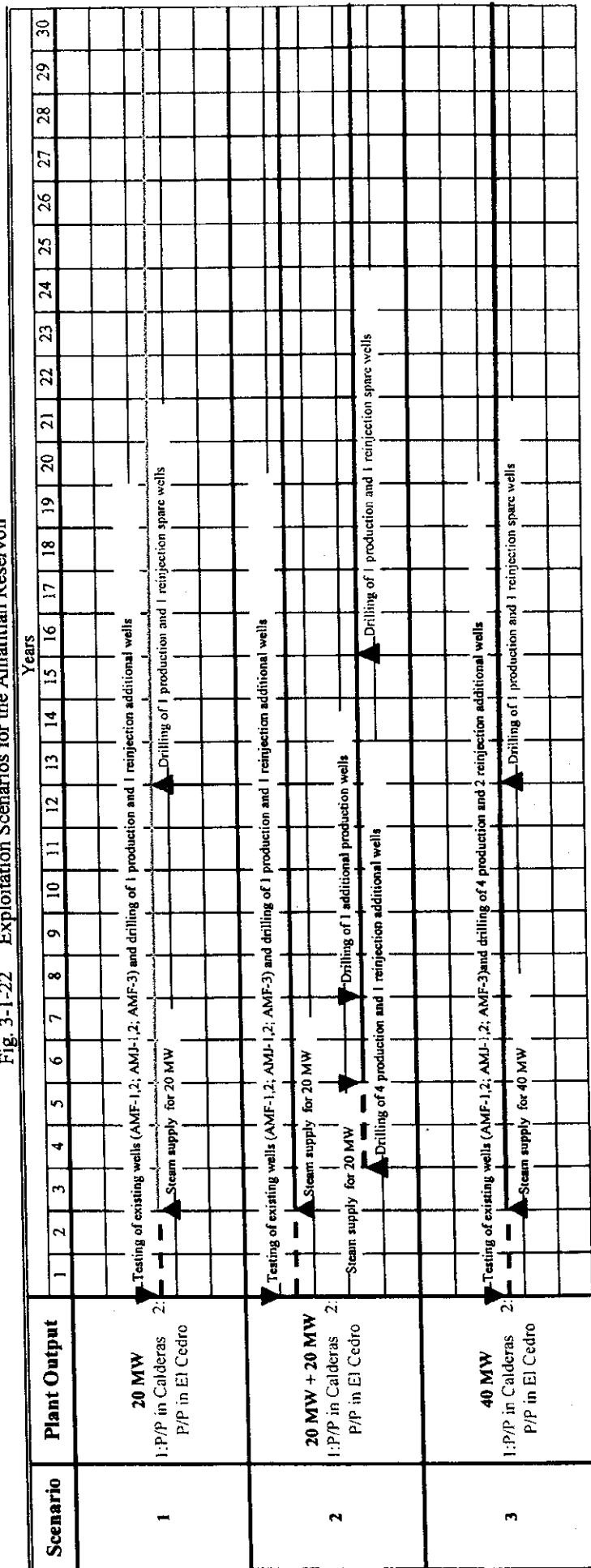
# Amatitlan Geothermal Field Reservoir Simulation

Fig. 3-1-21 Steam Saturation (%) distribution after history matching calibration, Layer 3 (AC, +450)

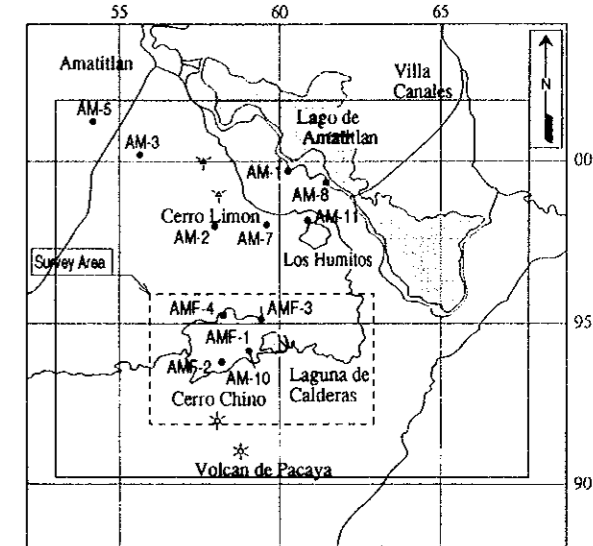
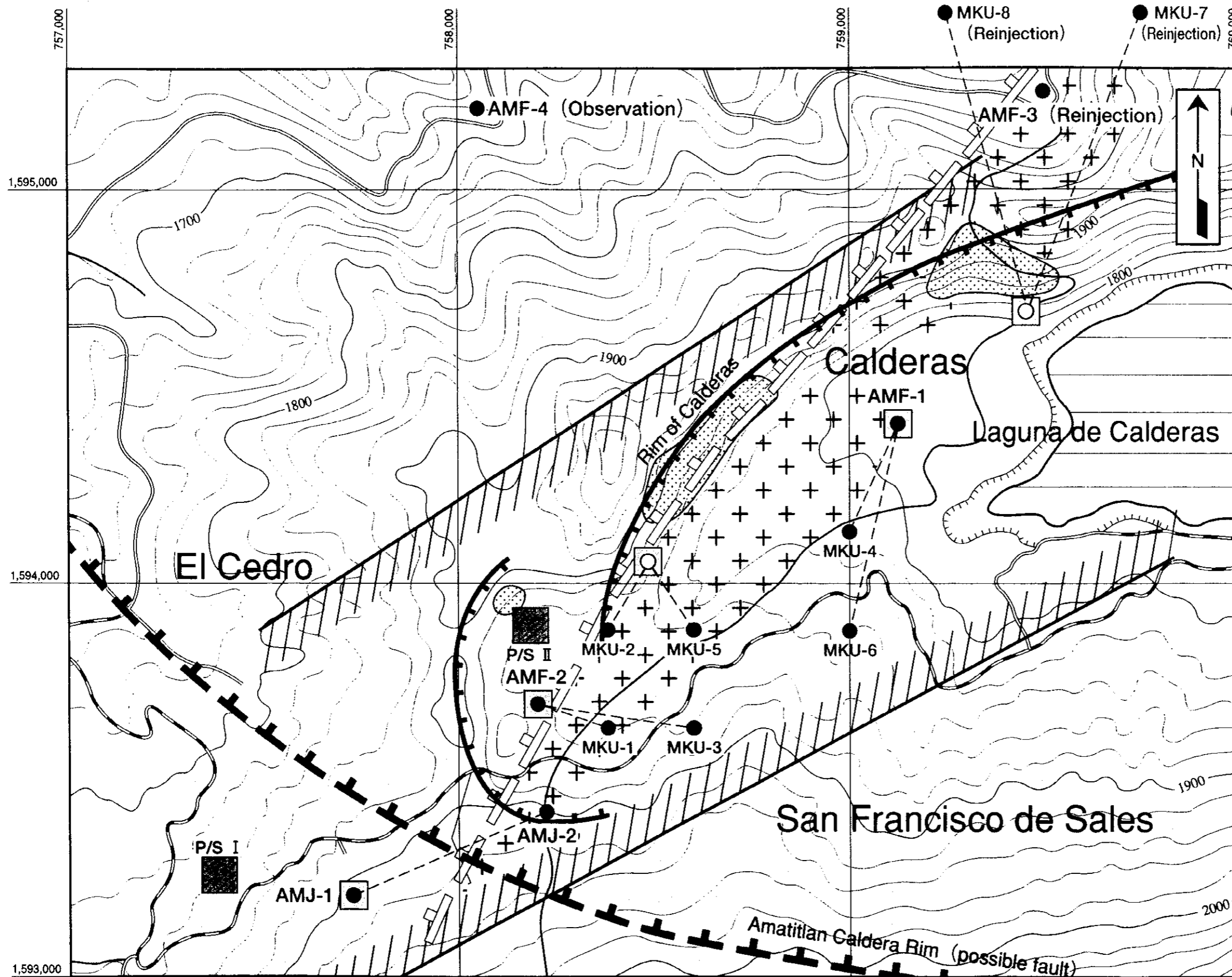


貯留層の開発シナリオ

Fig. 3-1-22 Exploitation Scenarios for the Amatitlan Reservoir

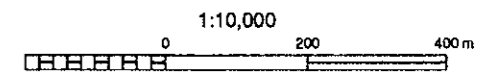




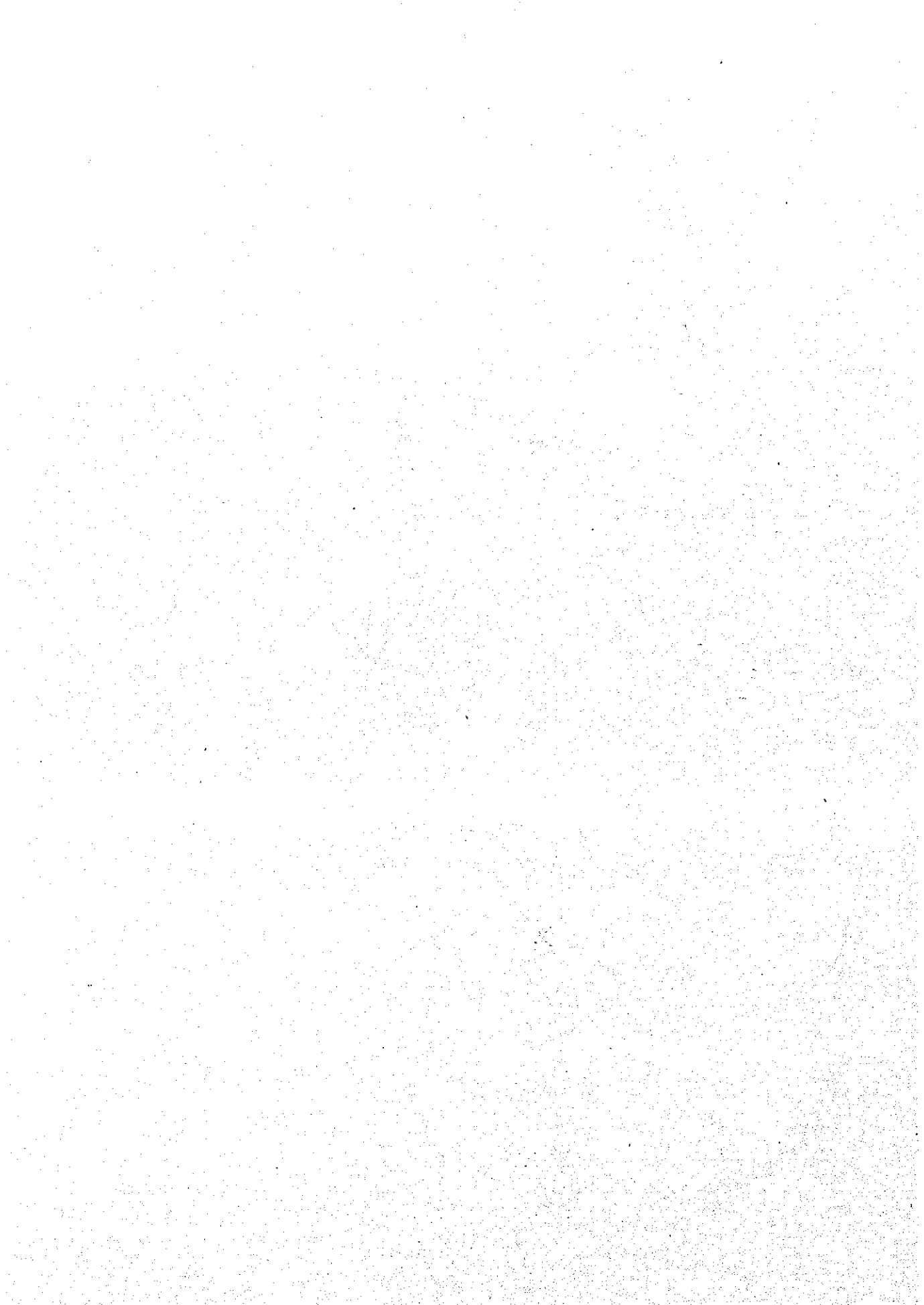


Legend

- Fumaroles and alteration Zones
- Promising area estimated from Geoscientific survey data
- Existing Well
- Make-up Well(Well head)
- Make-up Well(Bottom)
- Probable fault controlling fluid flow
- Caldera rim
- Drilling Pad
- Uplifted zone
- Proposed Site of Power Station



Amatitlan Geothermal Development Project  
 既存坑井および補充井の掘削ターゲット  
 Drilling Pads and Targets of Existing and Additional Wells  
 JICA-WEST JEC Fig. 3-1-23

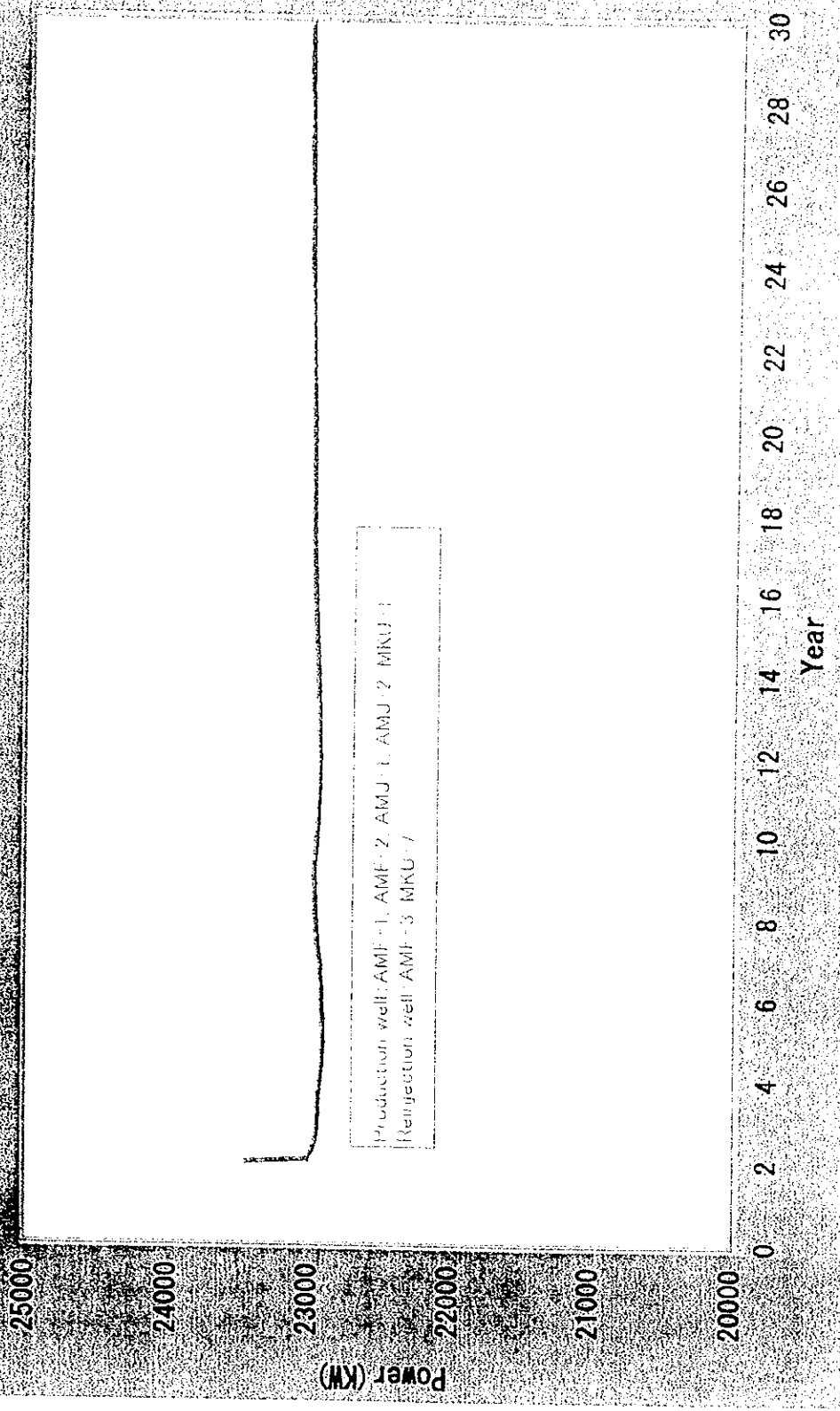


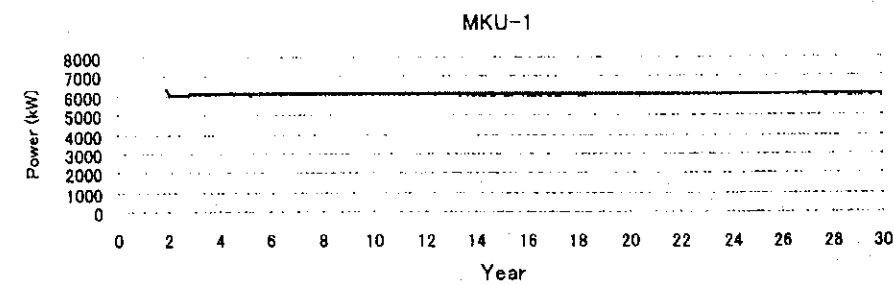
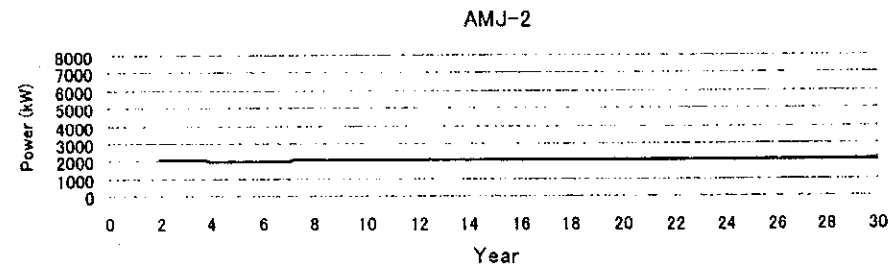
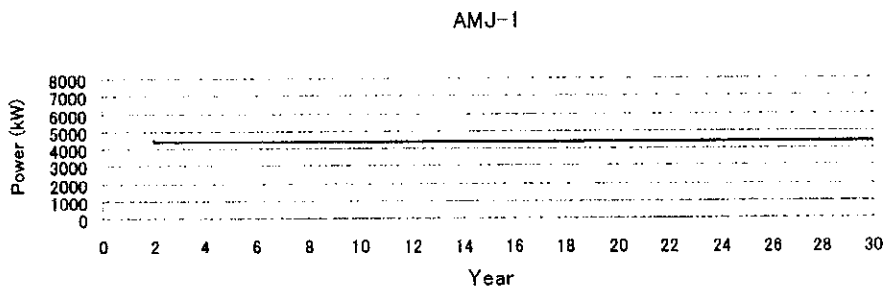
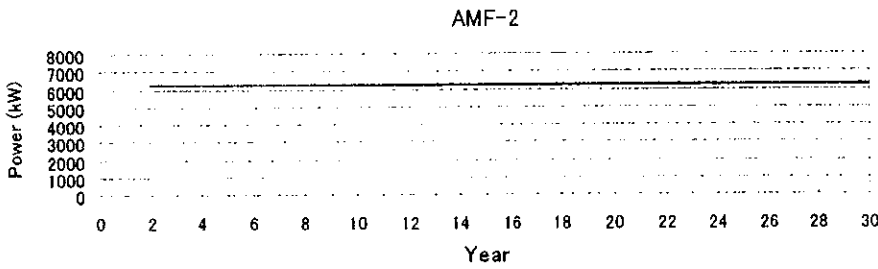
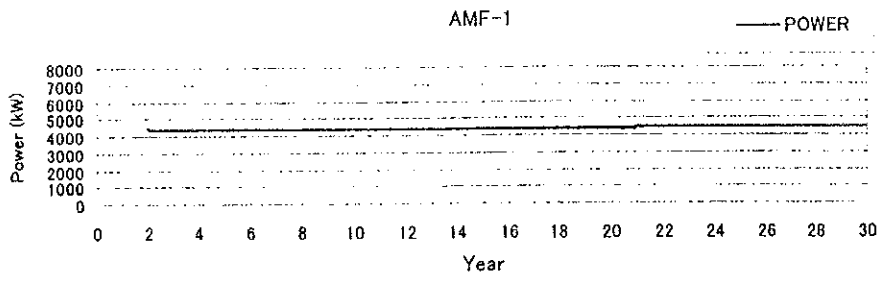
シナリオ 1: 20 MW 発電の場合の出力予測

Production well: AMF-1, AMF-2, AMJ-1, AMJ-2, MKU-1  
Reinjection well: AMF-3, MKU-7



Fig. 3-1-24 Scenario-1: 20 MW Results of Forecasting





\* Power : Output from primary steam (Single flashed)

Fig. 3-1-25 Scenario-1: Forecasted well production

シナリオ 1: 各生産井の出力予測

シナリオ 2: 20MW + 20 MW 発電の場合の出力予測

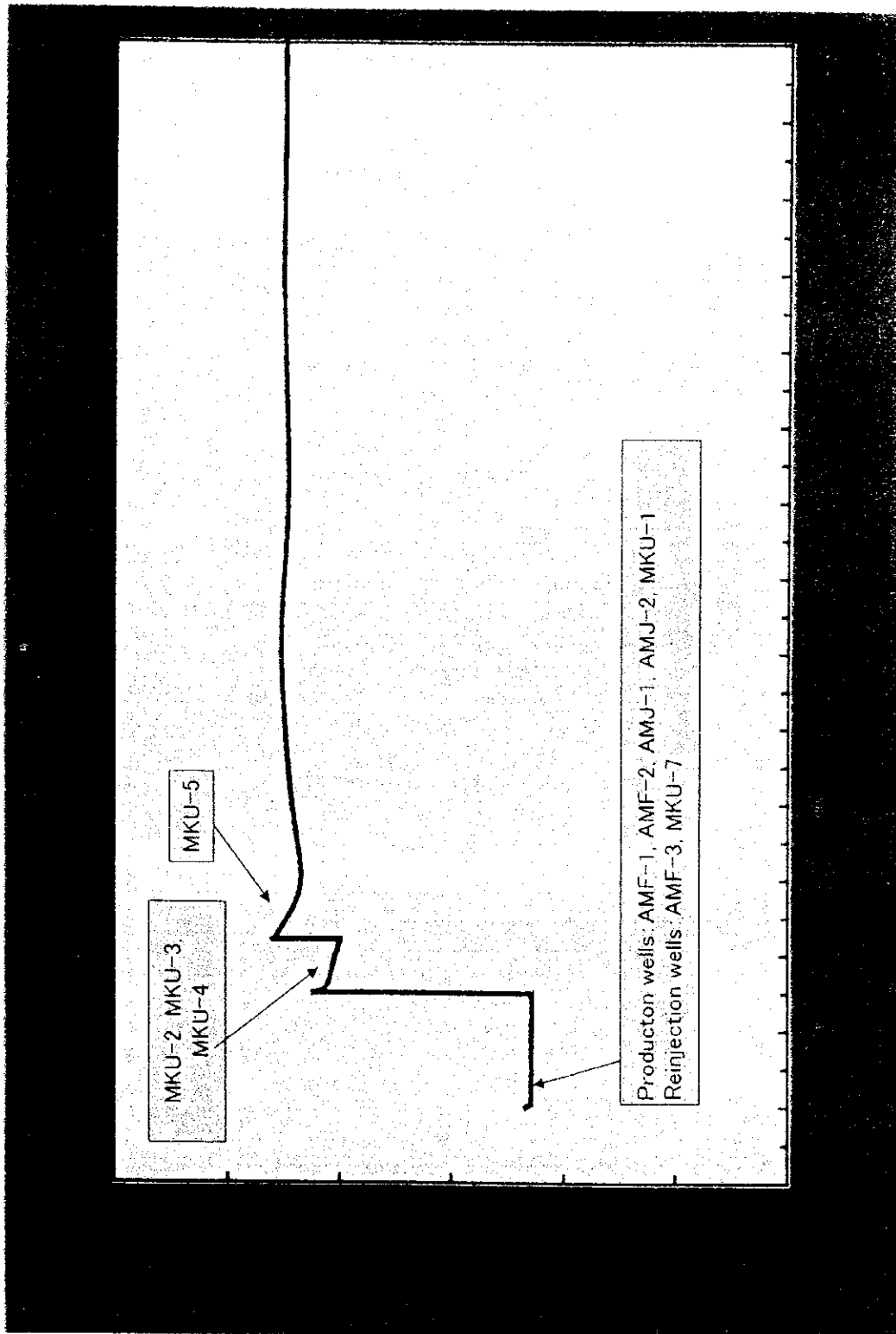
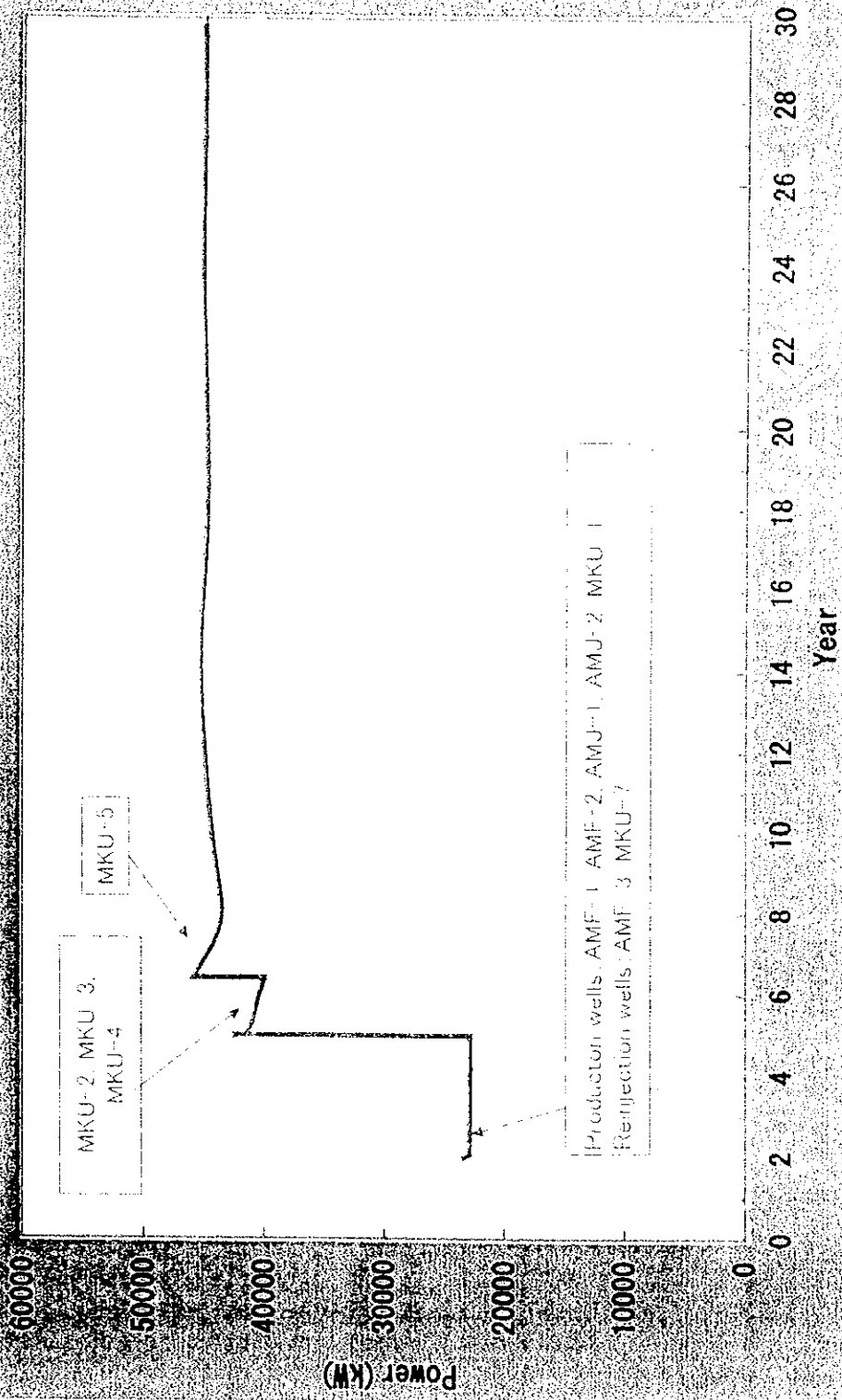
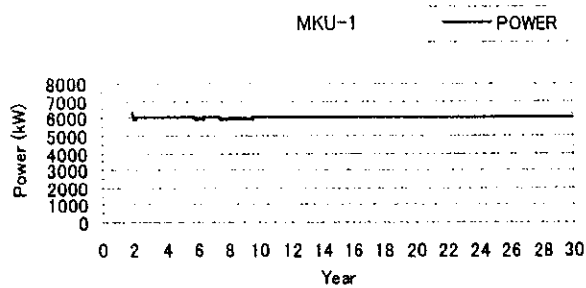
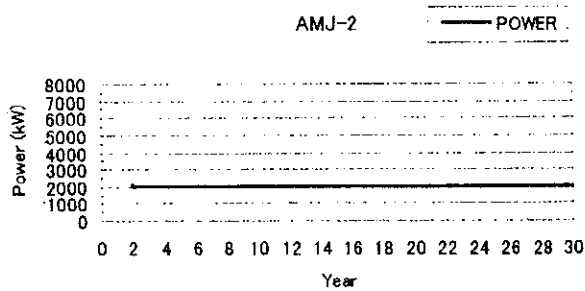
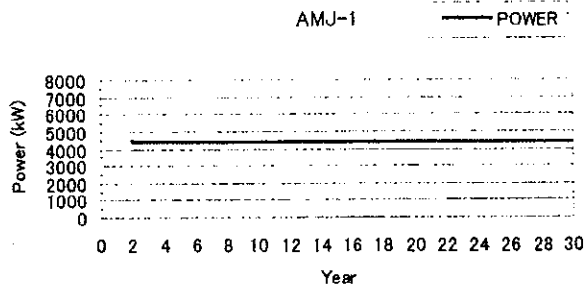
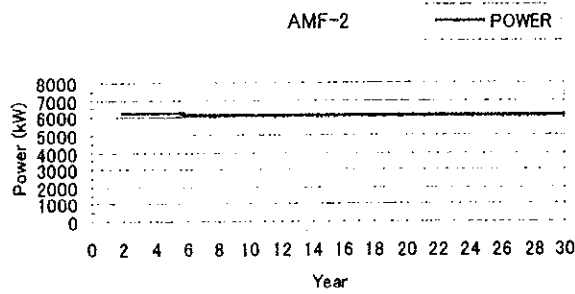
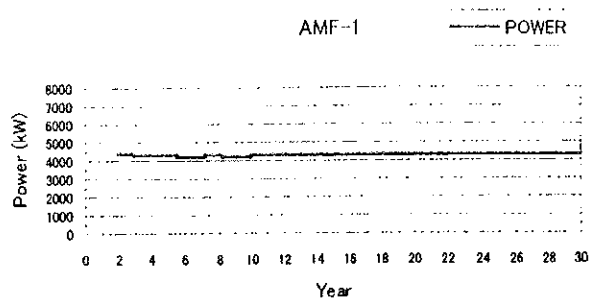


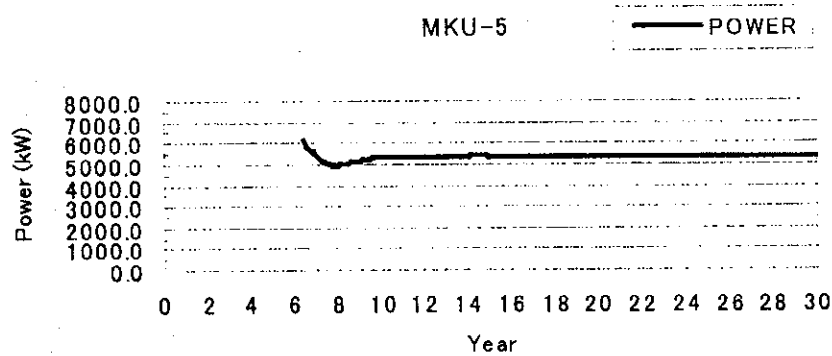
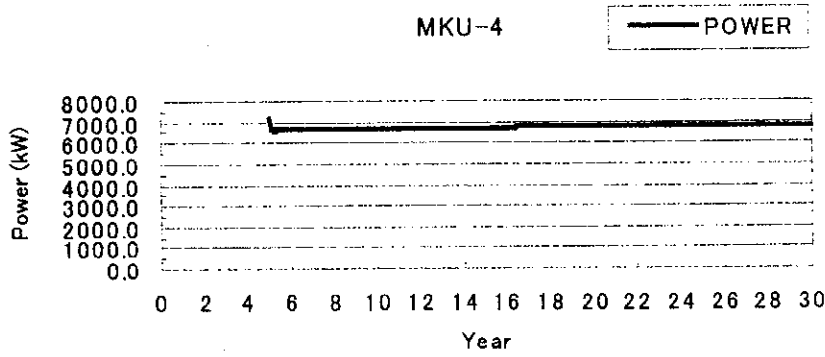
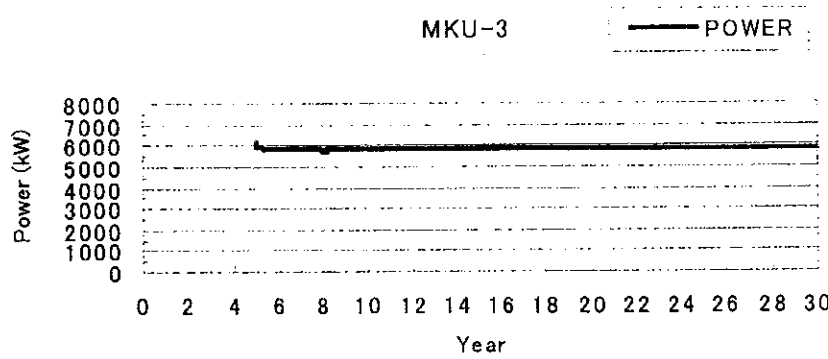
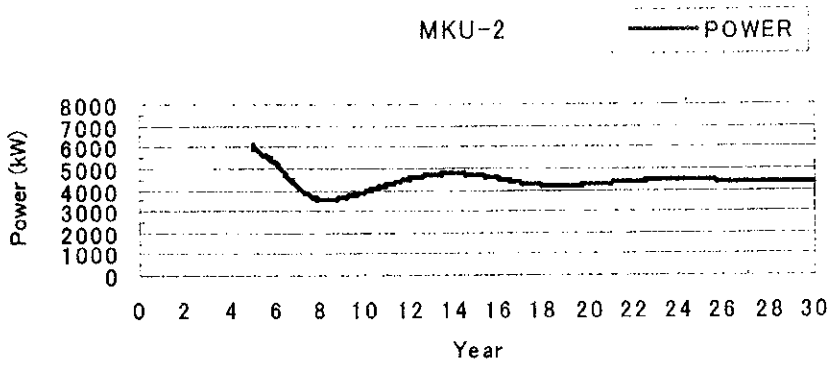
Figure 3-1-26 Scenario-2: 20MW + 20 MW results of forecasting





\* Power : Output from primary steam (Single flashed)

Figure 3-1-27 Scenario-2: Forecasted well production-a  
シナリオ 2: 各生産井の出力予測(a)



\* Power : Output from primary steam (Single flashed)

Figure 3-1-28 Scenario-2: Forecasted well production-b

シナリオ 2: 各生産井の出力予測(b)

シナリオ 3: 40 MW 発電の場合の出力予測

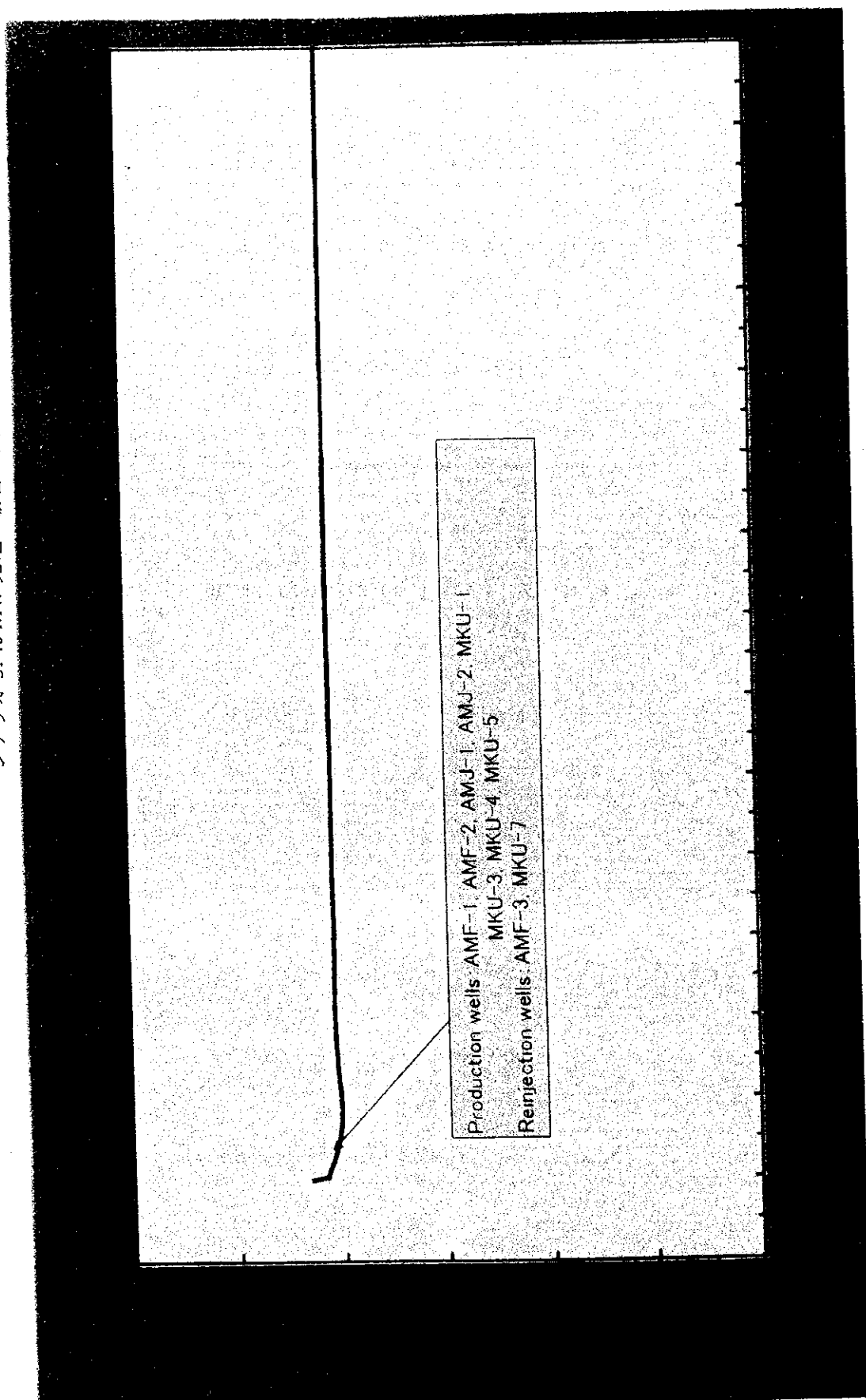
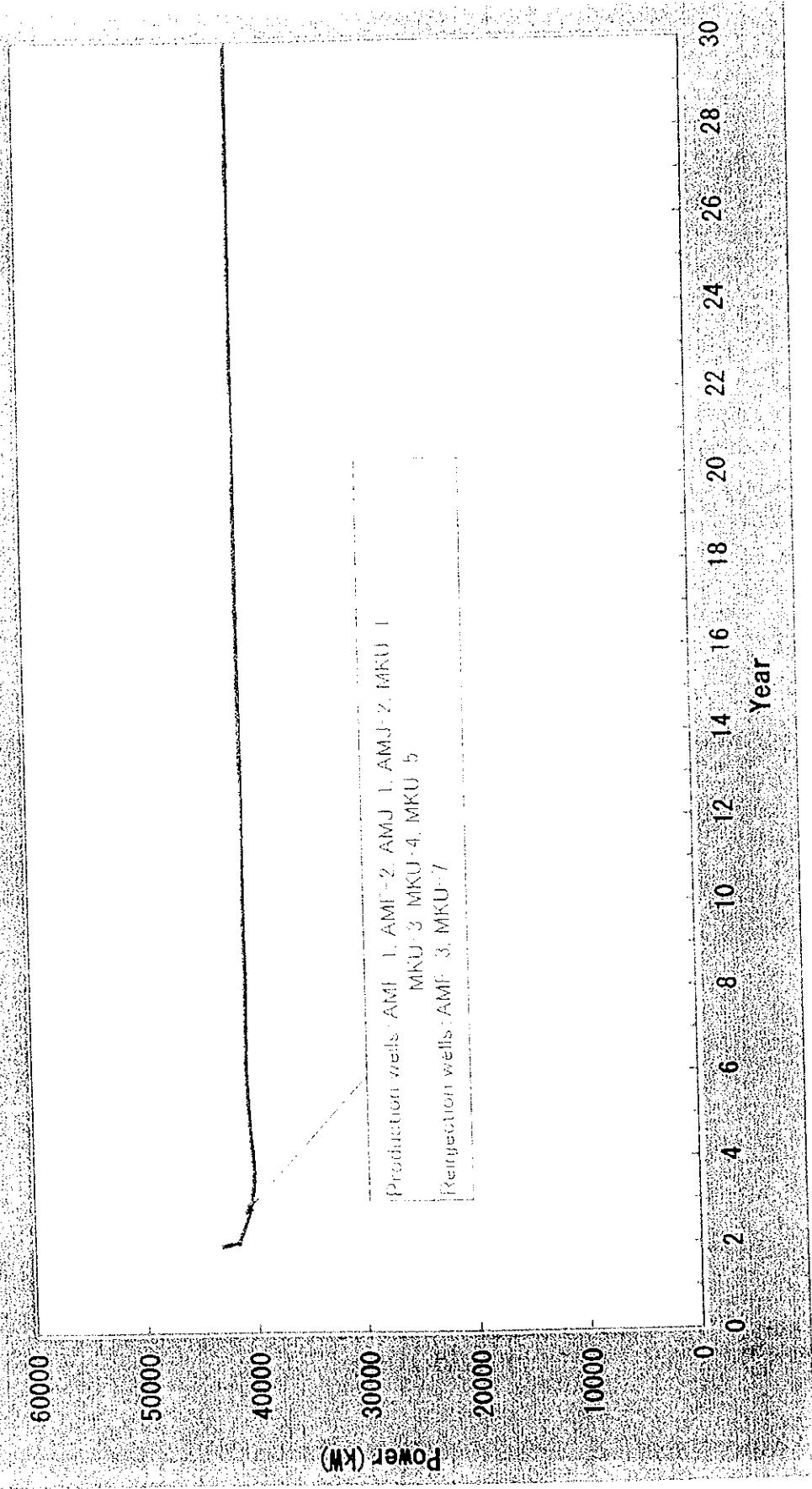
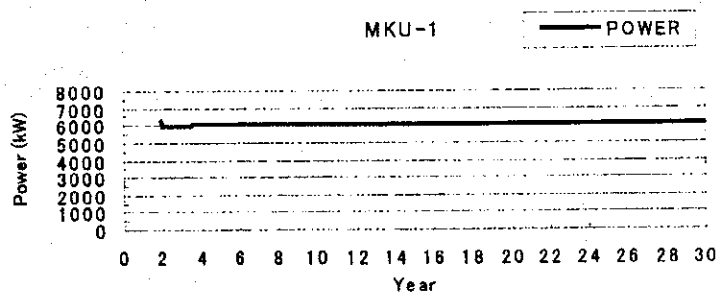
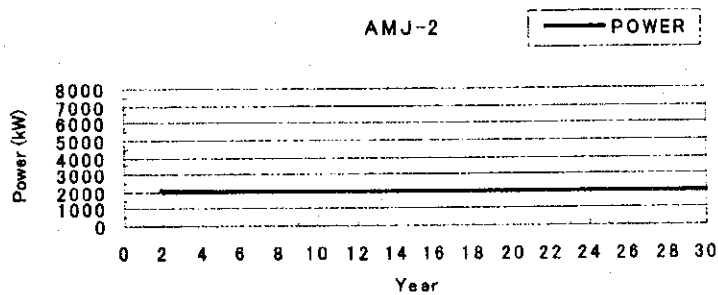
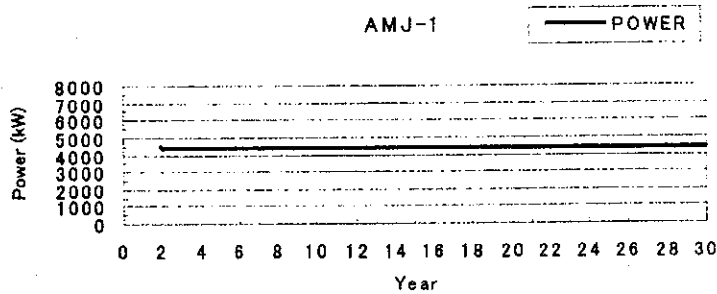
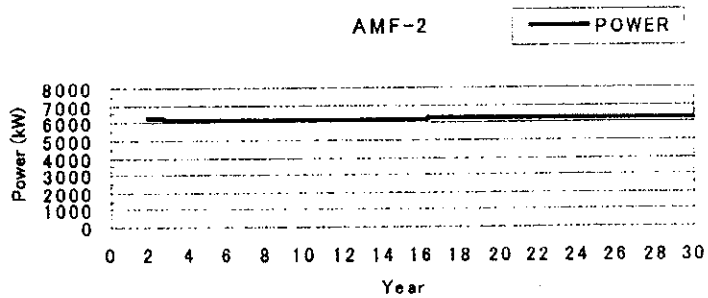
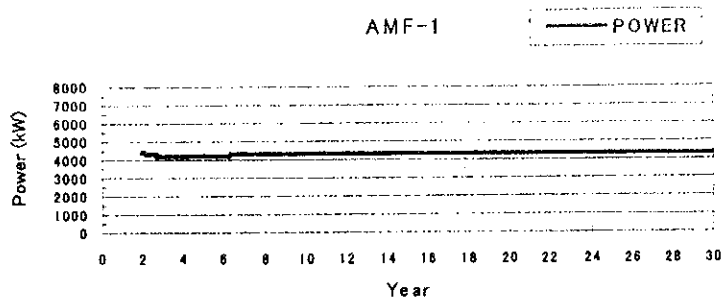


Figure 3-1-29 Scenario-3: 40 MW results of forecasting



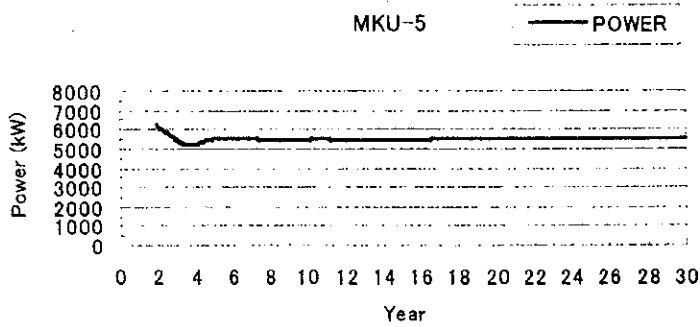
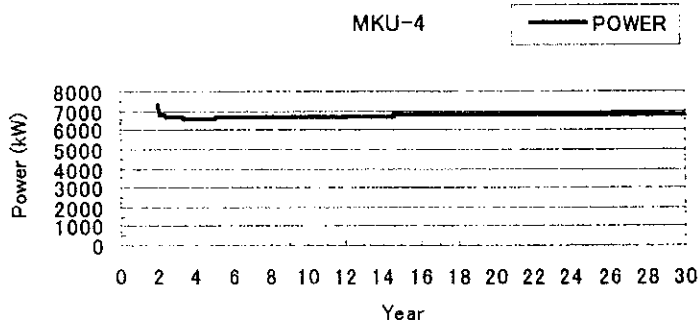
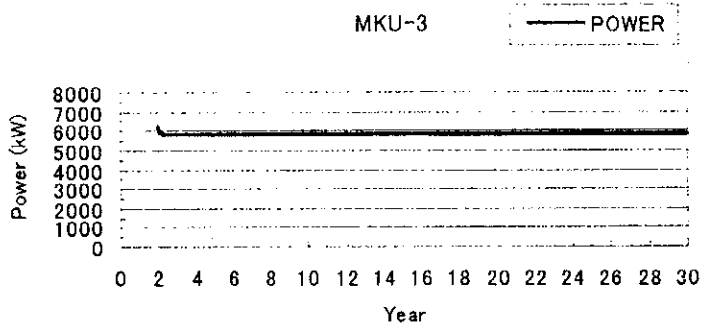
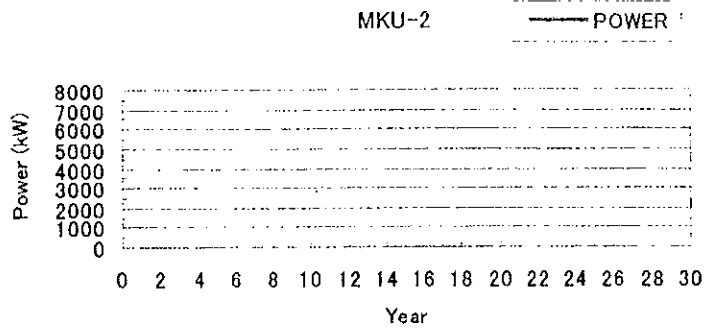




\* Power : Output from primary steam (Single flashed)

Figure 3-1-30 Scenario-3: Forecasted well production-a

シナリオ3: 各生産井の出力予測(a)



\* Power : Output from primary steam (Single flashed)

Figure 3-1-31 Scenario-3: Forecasted well production-b

シナリオ 3: 各生産井の出力予測(b)

数値モデルの岩石物性値

Table 3-1-1 Physical properties of materials in the numerical model

ROCK	DENSITY ROCK Kg/m <sup>3</sup>	POROSITY	PERMEABILITY			HEAT CONDUCTIVITY W/m-Deg. C	SPECIFIC HEAT J/Kg-Deg. C
			X	Y	Z		
AIR01	2200	0.9000	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.03	50000
TOP01	2200	0.9000	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.20	50000
ROK01	2200	0.1000	1.000E-16	1.000E-16	1.000E-16	2.20	1000
ROK02	2200	0.1000	2.000E-15	2.000E-15	2.000E-16	2.20	1000
ROK09	2200	0.1000	3.000E-15	3.000E-15	5.000E-16	2.20	1000
ROK03	2200	0.1000	8.000E-15	8.000E-15	1.000E-14	2.20	1000
ROK04	2200	0.1000	2.000E-14	2.000E-14	3.000E-14	2.20	1000
ROK05	2200	0.1000	6.000E-14	6.000E-14	7.000E-14	2.20	1000
ROK06	2200	0.1000	7.000E-14	7.000E-14	2.000E-16	2.20	1000
ROK07	2200	0.1000	9.000E-14	9.000E-14	2.000E-16	2.20	1000
ROK08	2200	0.1000	4.000E-15	4.000E-15	2.000E-14	2.20	1000
AQU01	2200	0.1000	6.000E-14	6.000E-14	7.000E-14	2.20	50000
BAS01	2200	0.1000	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.22	50000
LIM01	2200	0.1000	2.000E-12	2.000E-12	3.000E-12	2.20	1000
LIM02	2200	0.1000	6.000E-14	6.000E-13	2.000E-13	2.20	1000
AQU02	2200	0.1000	6.000E-12	6.000E-12	7.000E-12	2.20	50000

