

## (2) 貯水池堆砂形状の予測

中国側は1988年に貯水池内のおよび周辺で測量を実施し、1万分の1の地形図を作成しており、この地形図の提供があった。数値シミュレーションを実施するために、まず、この地形図を地形データ作成用ソフトウェアを用いて、格子間隔のメッシュにきり、標高メッシュデータを作成した。図3.5.4.3に100mメッシュ図を示す。ここでは、1988年の地形を貯水池内の現地形として、数値シミュレーションに用いた。

また、白石ダムの建設直後の利水容量10億 $\text{m}^3$ であるが、中国側は、30年後の白石ダム貯水池の堆砂量(堆積)を3億 $\text{m}^3$ 程度に抑え、利水容量を7億 $\text{m}^3$ を確保することとしている。したがって、本解析においては、建設後約30年間での堆砂を対象とすることとし、その中間の堆砂状況として、1.5億 $\text{m}^3$ の堆砂形状を米国開拓局、Empirical Area Reduction Methodを用いて予測し、その標高データを数値シミュレーションに用いた。なお、貯水池容量、面積の計算、堆砂形状の平面分布の計算および図化は、GIS用ソフトウェア、ARC/INFO上で処理した。図3.5.4.4にEmpirical Area Reduction methodにより求めた貯水池面積-容量曲線を示す。また、図3.5.4.5、図3.5.4.6、図3.5.4.7に、貯水池の現地形、1.5億 $\text{m}^3$ 堆砂後の平面地形、縦断形状およびその位置をそれぞれ示す。

## (3) 洪水時における貯水池内の流動および浮遊砂の挙動

### 平面メッシュと水深方向メッシュ

本解析にもちいた白石ダム貯水池の平面メッシュとダム堤体部のモデルを図3.5.4.8に示す。流れに対する地形の影響を再現するため、平面メッシュの間隔は $\Delta x=250\text{m}$ 、 $\Delta y=250\text{m}$ を基本とし、ダム堤体直上流付近では $\Delta x=125\text{m}$ 、 $\Delta y=125\text{m}$ の不等間隔とした。また、浮遊砂濃度の垂直分布をもとめるため、水深方向各層の厚さ $\Delta z$ をおおよそ2mとした。

### 洪水時の流量、浮遊量データ、貯水池内浮遊砂の初期濃度

洪水時の流量、流入浮遊砂量は、図3.5.4.2に示す1962年、1963年、1966年、1969年、1984年の5洪水の実測時間時系列データを用いた。モデル上では、大凌河からの流入を、金嶺寺鉄橋より上流4メッシュ(第2層)、忙牛河からの流入を迷力営子付近の2メッシュ(第2層)からとする。また、貯水池内の初期浮遊砂濃度は0ppmとした。

### 排砂量の算定

モデル上は図3.5.4.8に示すダム底孔の位置の右岸側2メッシュ: $(z,y,z)=(62,3,14)$ と $(63,3,14)$ から放流するものとして、排砂量は底孔からの位置における浮遊砂濃度と放水量の積として算定する。

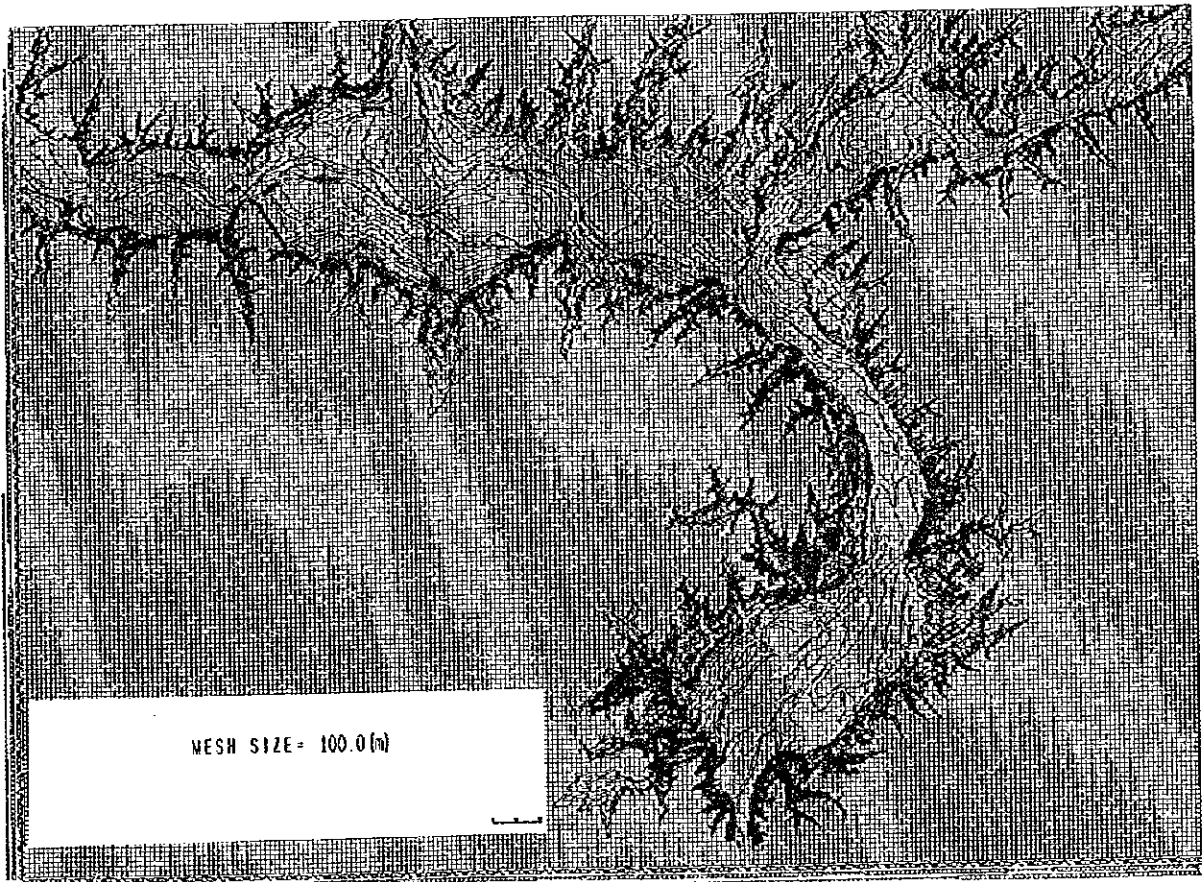


図 3.5.4.3 貯水池地形平面 100mメッシュ図

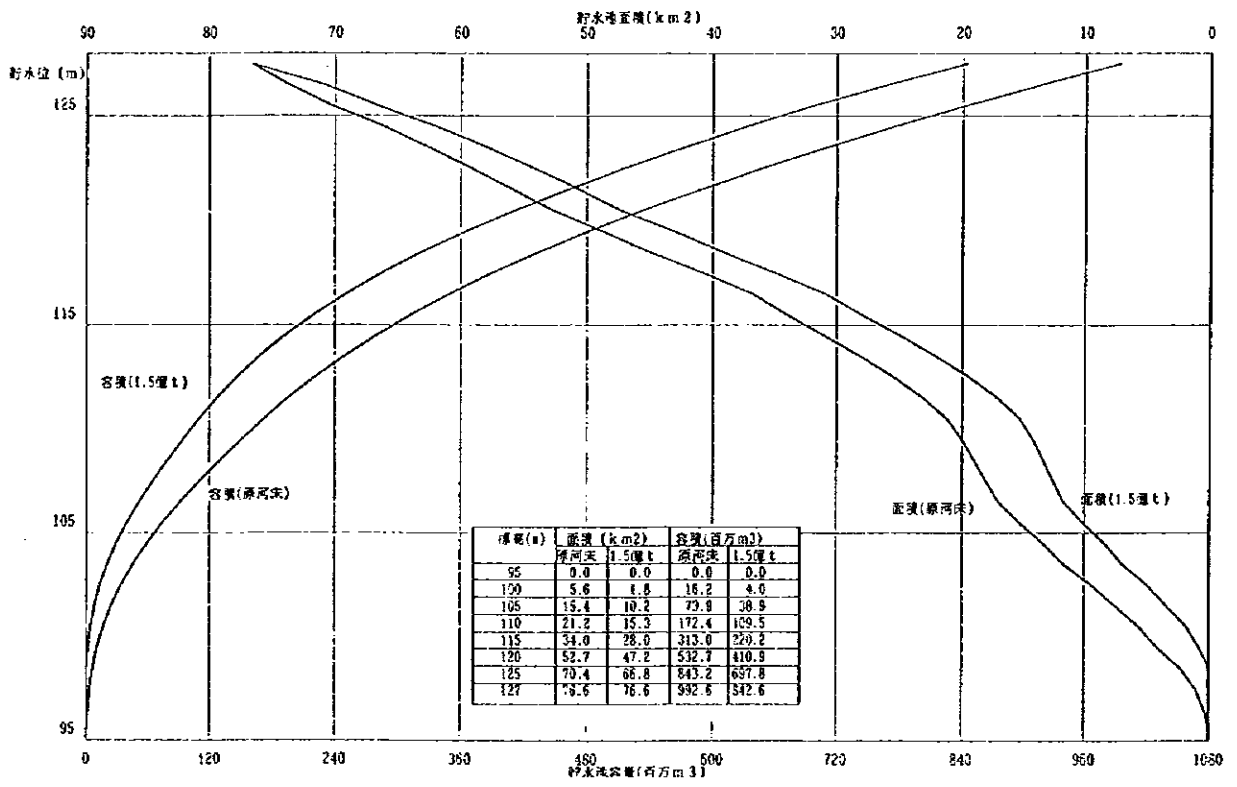


图 3.5.4.4 貯水池面積-容量曲線

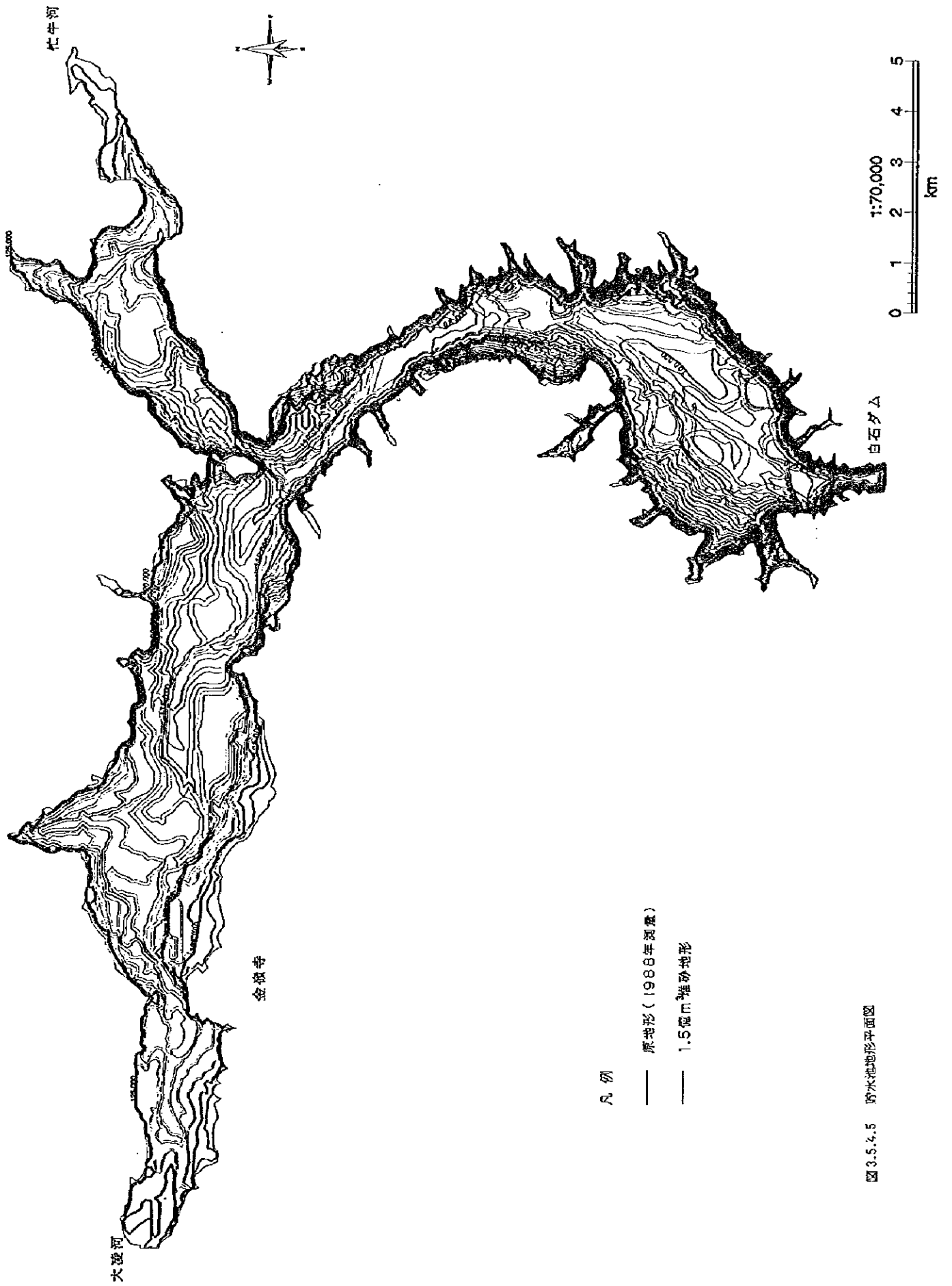


图 3.5.4.5 隋水池地形平面图

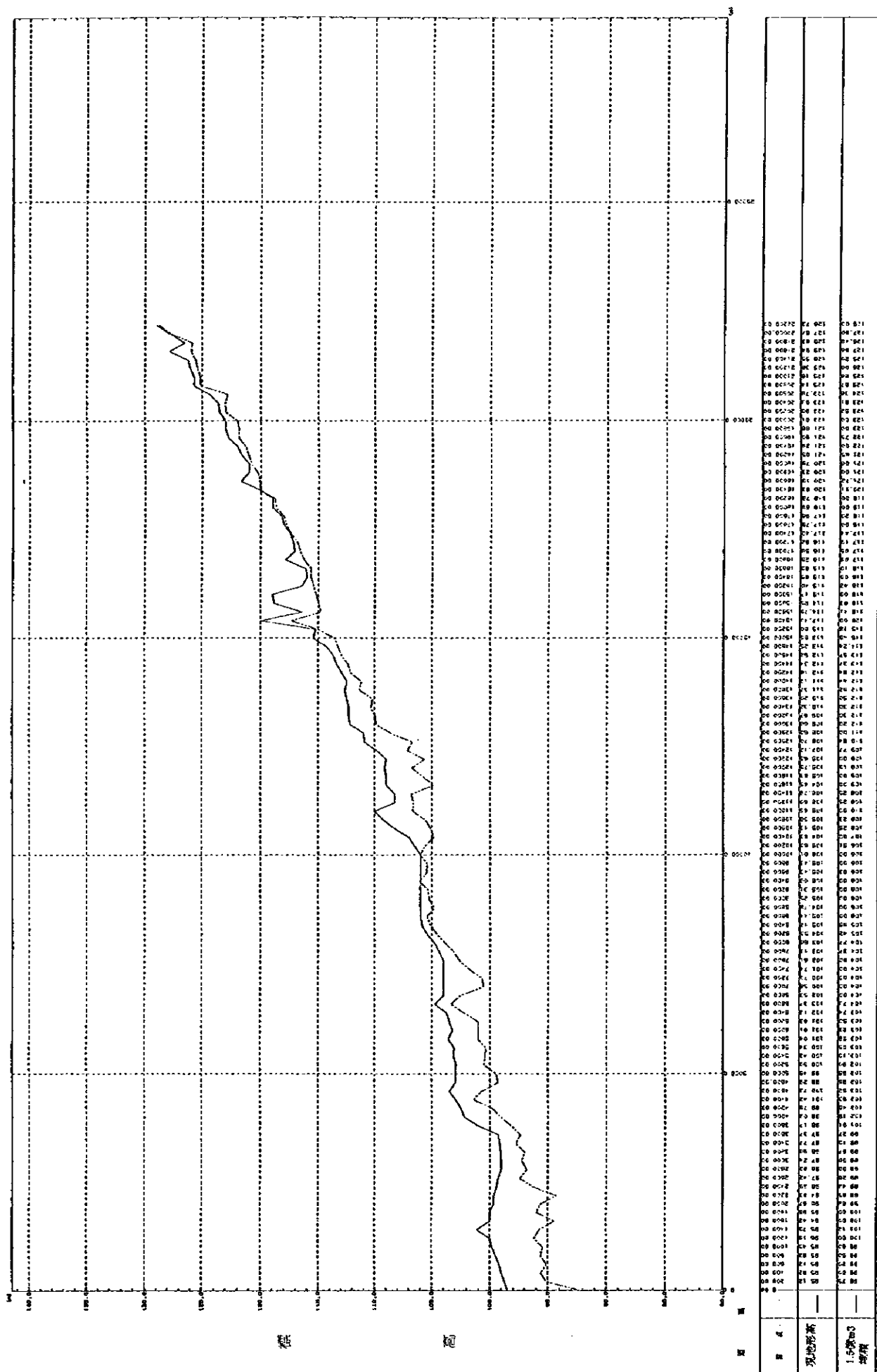


図 3.5.4.6 貯水池堆砂縦断形状(1/2)

(M) 1:300 / (H) 1:80000

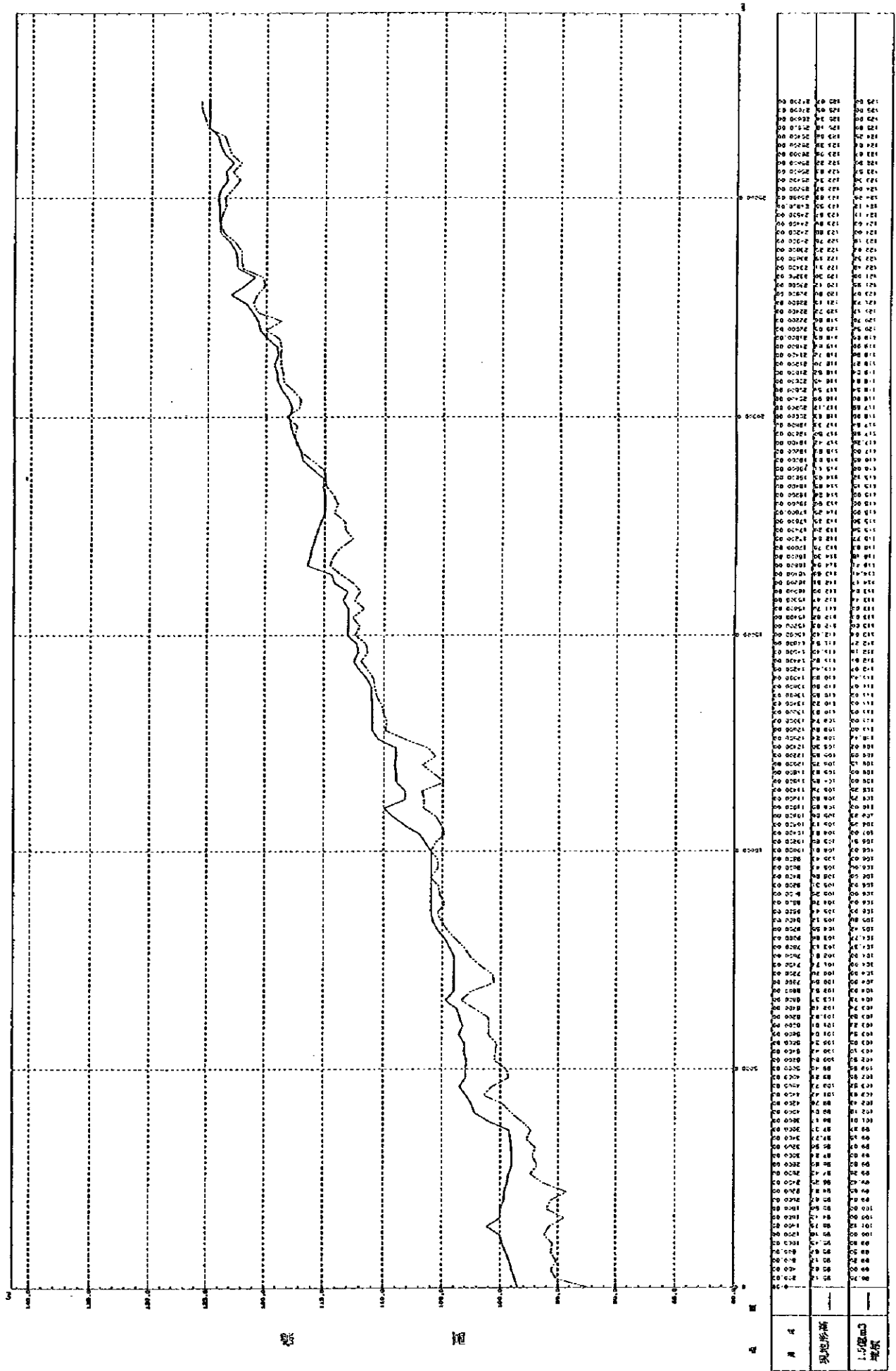


図 3.5.4.6 貯水池堆砂縦断形状(2/2)

(N) 1:300 / (M) 1:8000

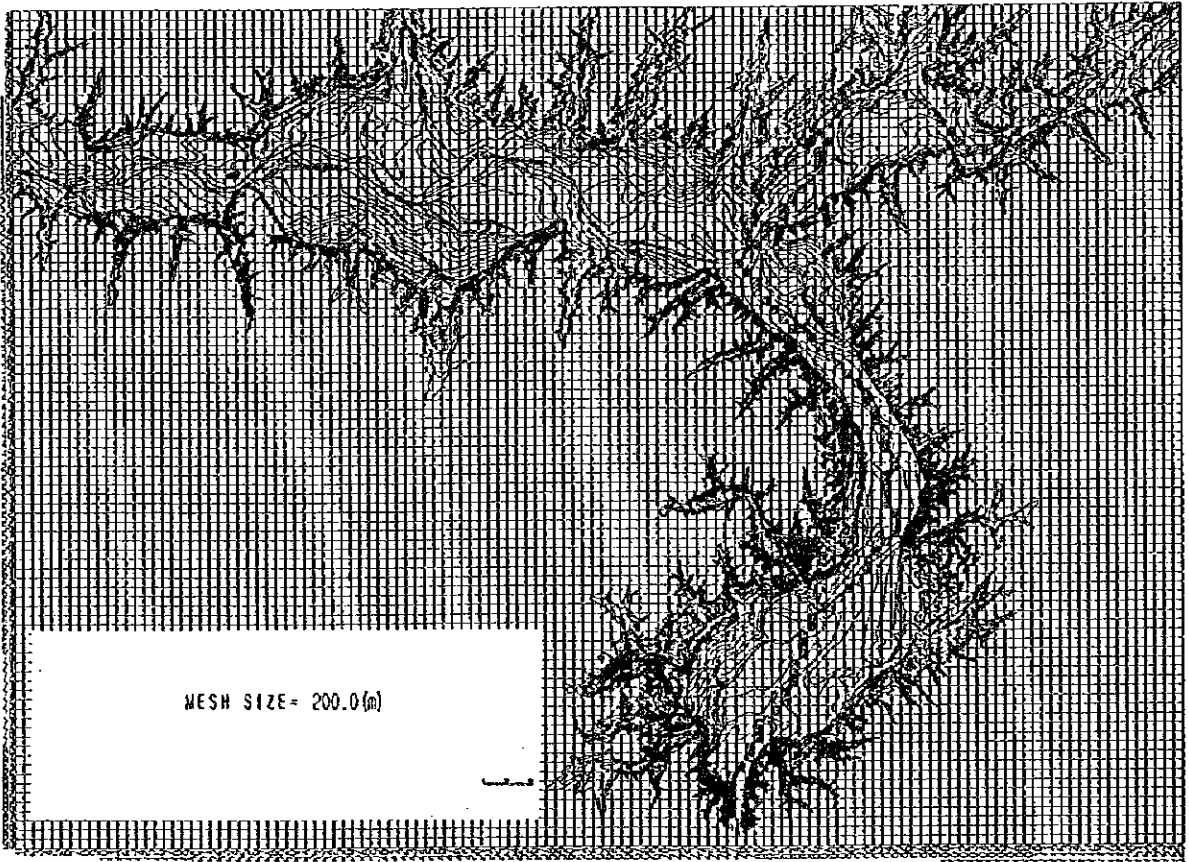
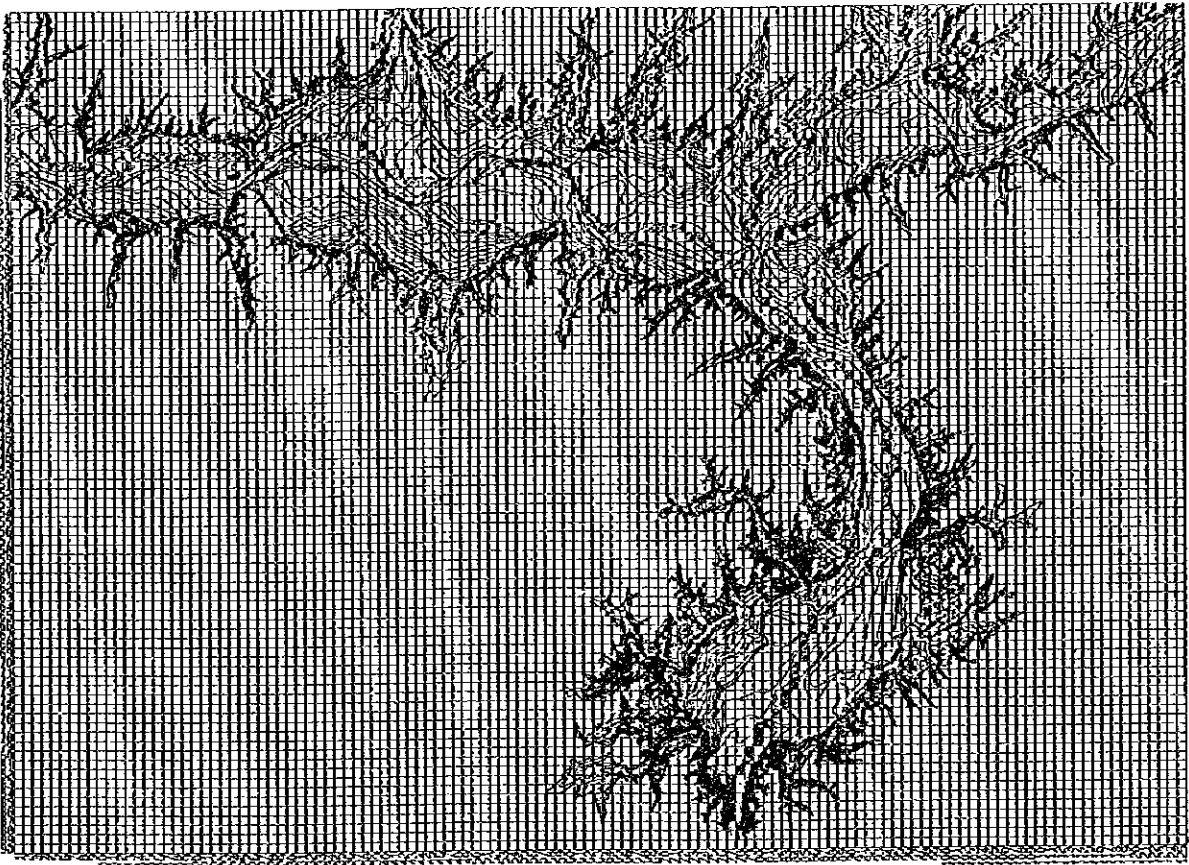
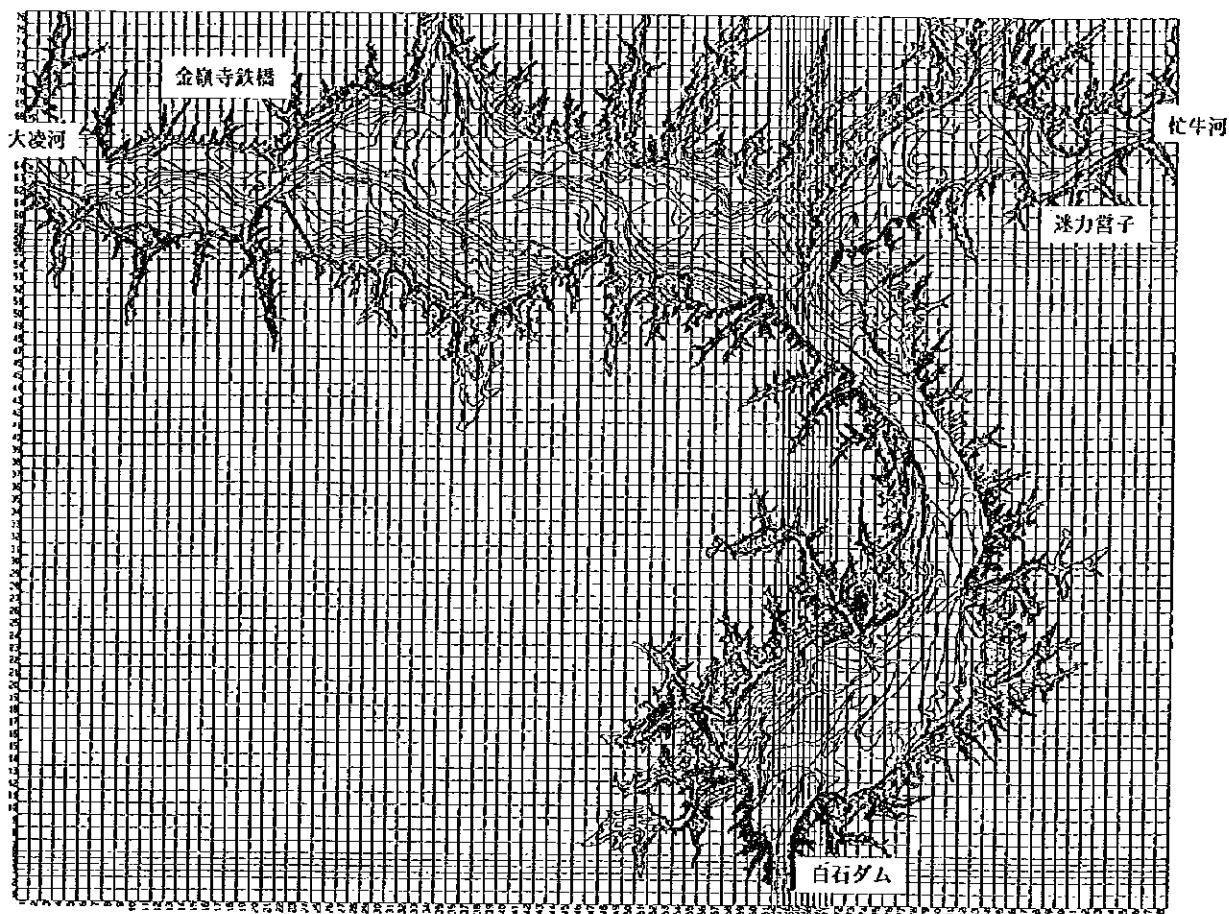


图 3.5.4.7 貯水池縦断位置図



メッシュ間隔= 250.0[m]

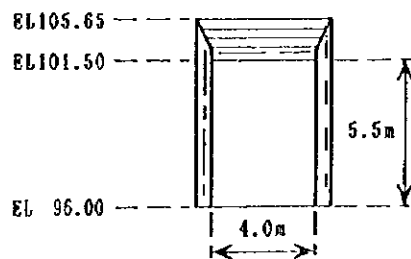
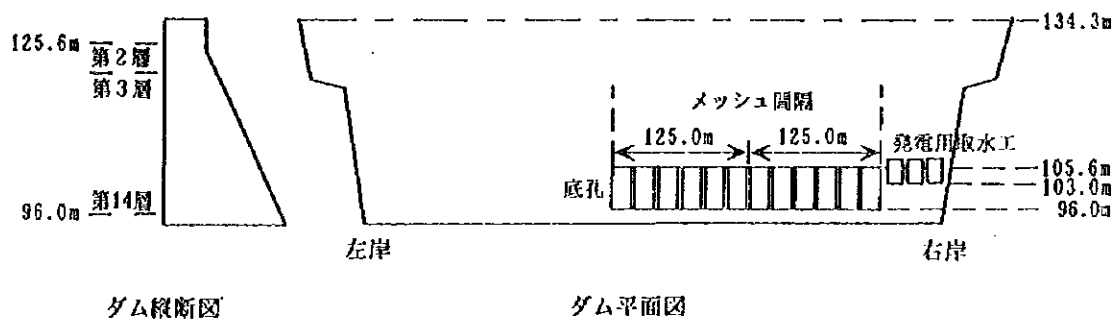


図 3.5.4.8 貯水池地形平面図 250m メッシュ図



放流量の時系列は、図 3.5.4.9 に示す 1992 年 F/S 時放流ルールとした。

#### 異なる粒径の土粒子の貯水池内の挙動

土砂の拡散シミュレーションにおける土粒子の沈降速度については、中央粒径の沈降速度を代表させ時間的にも空間的にも一定と仮定することが多い。しかし、実際には貯水池内の土粒子の沈降速度は時間的、空間的に変化する。これは貯水池内の浮遊砂は沈降速度の違いにより貯水池内で分級されることによる。とくに洪水時においてはその変化が速くかつ大きいため、一様の沈降速度を仮定した計算では、濁度分布や排砂量を予測するには不十分であることも考えられる。表 3.5.4.2 に示す通り、白石ダムに流入する浮遊砂の中央粒径は 0.0214mm であるが、粒径 0.007mm 以下の微細なものが 21% を占める。したがって、土砂の拡散シミュレーションを実施するには、この粒度分布を十分考慮する必要がある。この解析は、異なる粒径の土粒子が移流、拡散する状況、底層に密度流が発達して土粒子移動するかどうかを知ることを目的とする。また、本シミュレーションは巻き上げを算定せず実施し、巻き上げを考慮したシミュレーションと比較した。

図 3.5.4.10(1/4)、(2/4)、(3/4)に粒径別の浮遊砂の鉛直方向濃度分布の時間変化、図 3.5.4.11 に  $d_{10}$  の最上層の平面濃度分布の時間変化を示す。 $d_{10}(=0.1\text{mm})$ 、 $d_{30}(=0.02\text{mm})$ とも、堤体にいたらず沈降してしまう。 $d_{10}(=0.003\text{mm})$ は経過時間 24 時には堤体に到達すると考えられるが、貯水池全体に広がり底孔付近の濃度が特に高くはならない。底層密度流は忙牛河と大凌河合流部で確認できるが、その流れはダム堤体に至らない。

図 3.5.4.10(4/4)と図 3.5.4.12 に巻き上げの効果を考慮した場合の  $d_{10}$  の濃度分布を示す。巻き上げを考慮しない場合の差が顕著である。すなわち、ゲート操作によって、ダム堤体直上流に堆積した浮遊砂が巻き上げられ、底孔付近に到達している様子がわかる。

#### 均一粒径、 $d_{10}=0.02\text{mm}$ 、底面からの浮遊砂の巻き上げを考慮した場合

1962 年洪水のシミュレーション結果、最上層(第 2 層)の流速平面分、最上層(第 2 層)の浮遊砂平面濃度分布、堆積状況平面分布、洗掘状況平面分布の時間変化を、図 3.5.4.13 から図 3.5.4.16 に示す。この場合、洪水のピークは経過時間 42 時前後に現れ、その流量は約 14,000m<sup>3</sup>/s である。同様に 1969 年洪水のシミュレーション結果を図 3.5.4.17 から図 3.5.4.20 に示す。この場合、洪水のピークは経過時間 14 時後に現れ、その流量は約 10,000m<sup>3</sup>/s である。1984 年洪水のシミュレーション結果を図 3.5.4.21 から図 3.5.4.24 に示す。この場合、洪水のピークは経過時間 12 時前後に現れ、その流量は約 8,000m<sup>3</sup>/s である

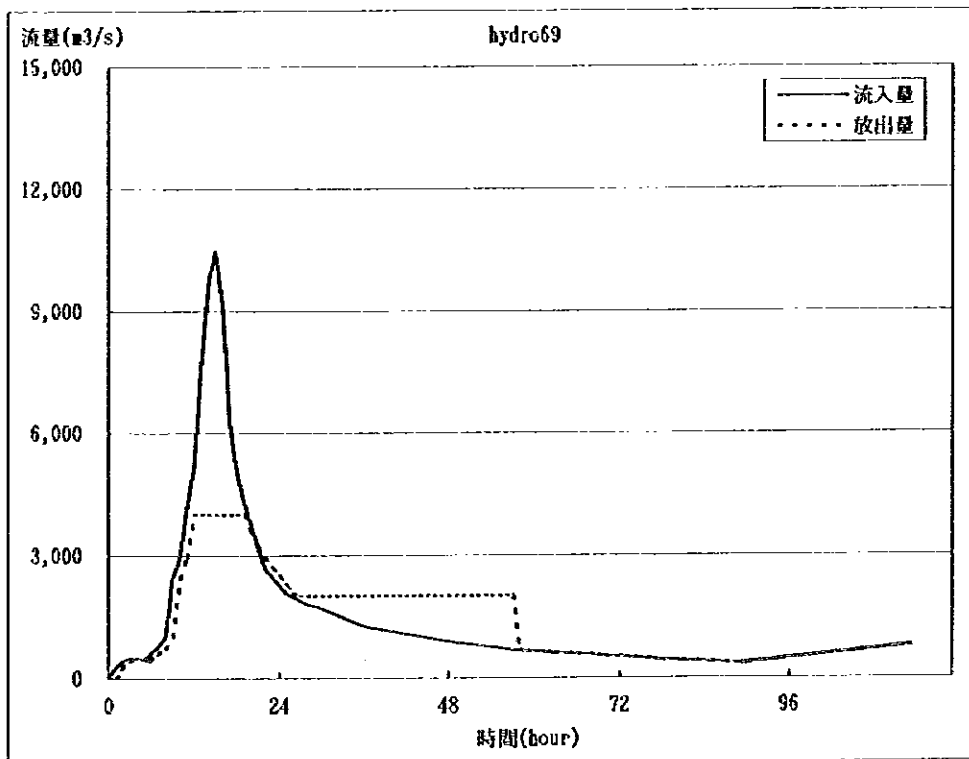
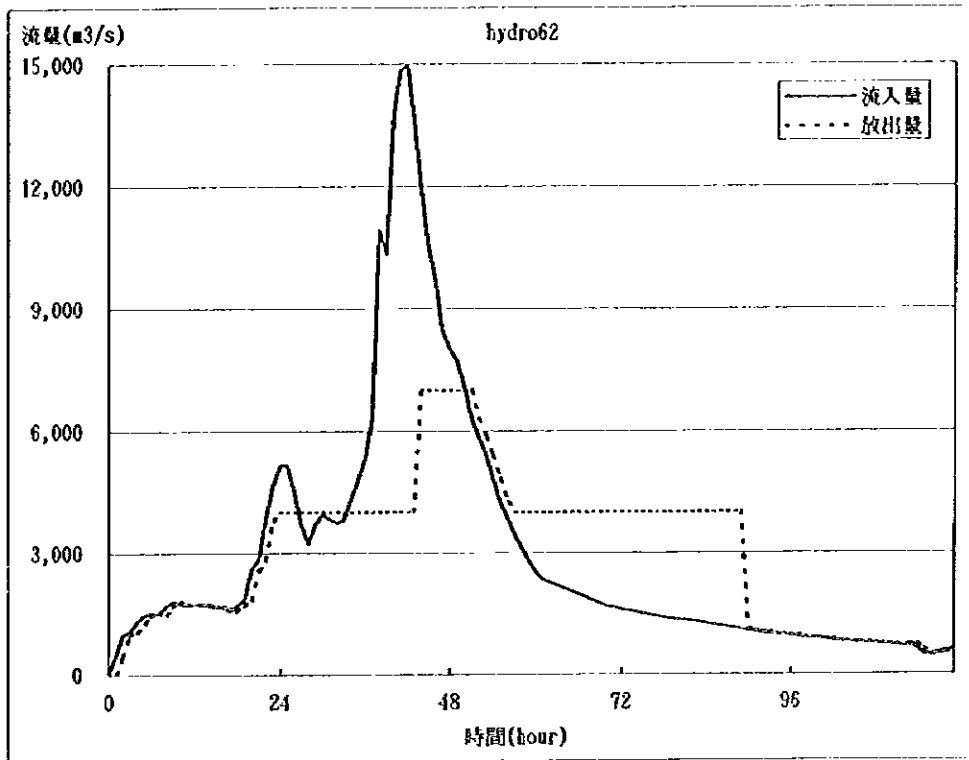


図 3.5.4.9 1992 年 F/S 時の洪水放流ルール -1962 年、1969 年、1984 年洪水(1/2)

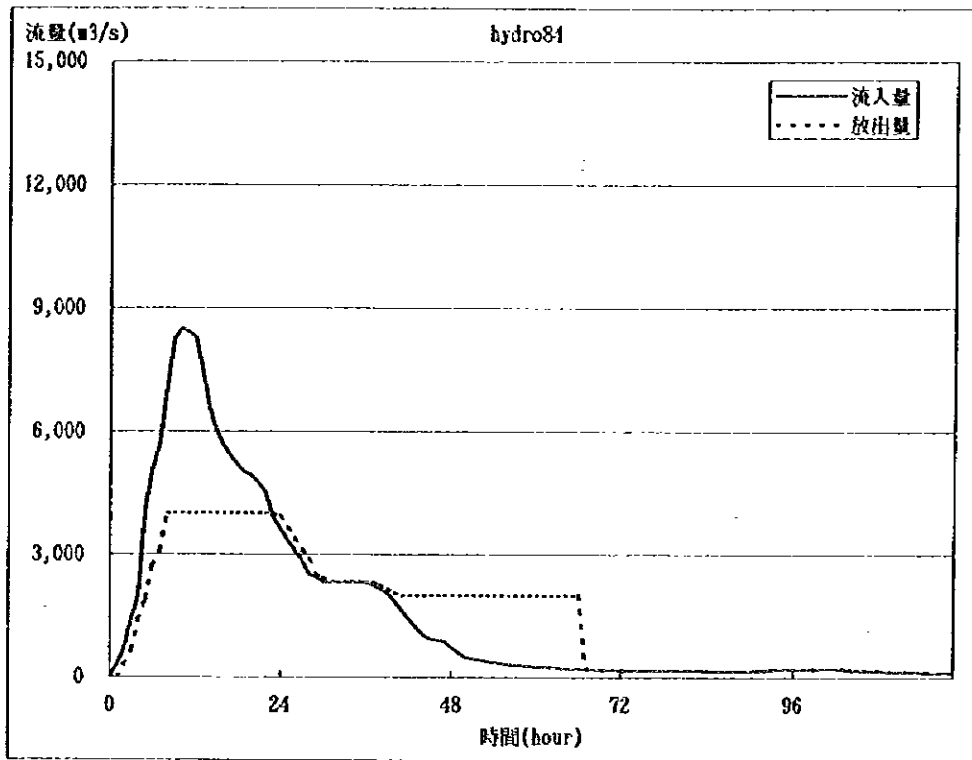
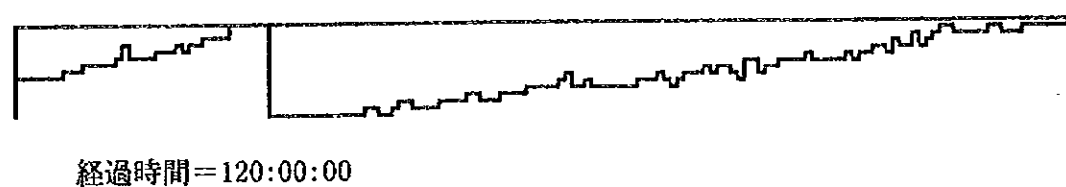
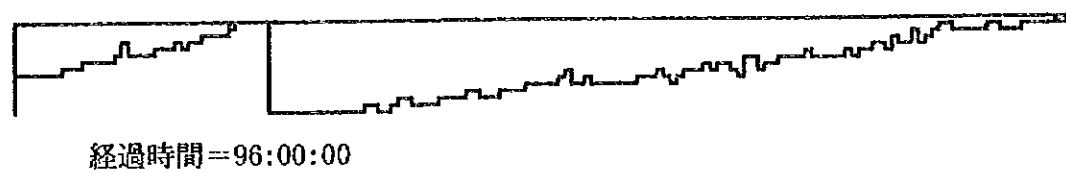
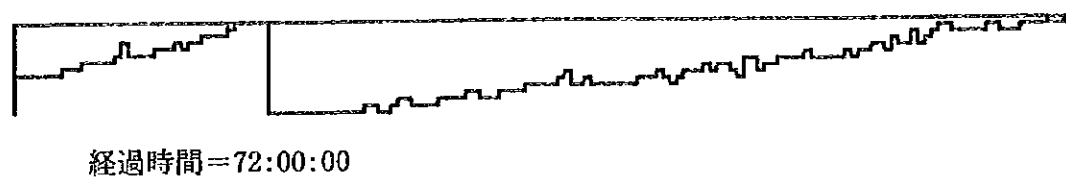
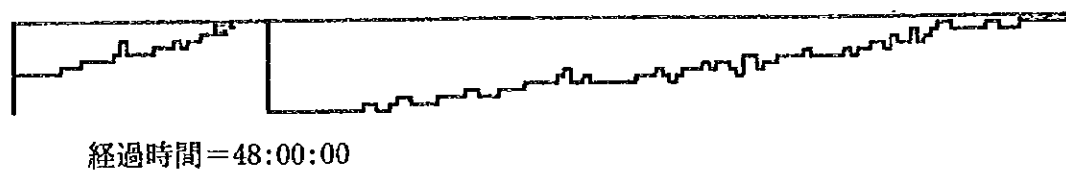
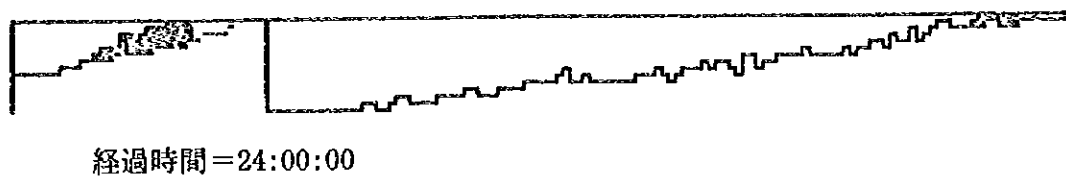
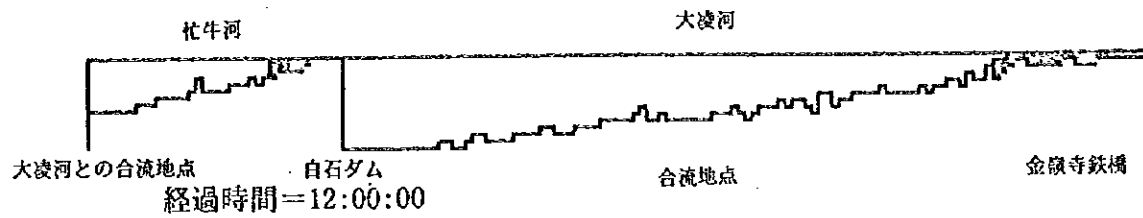
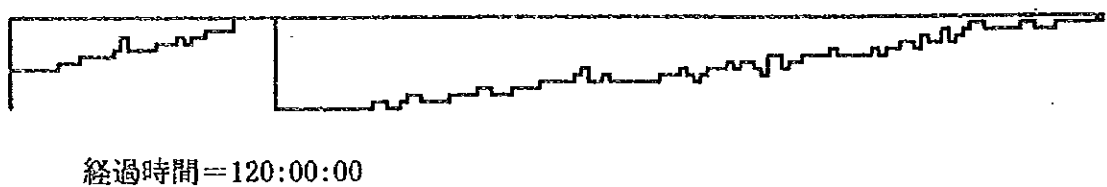
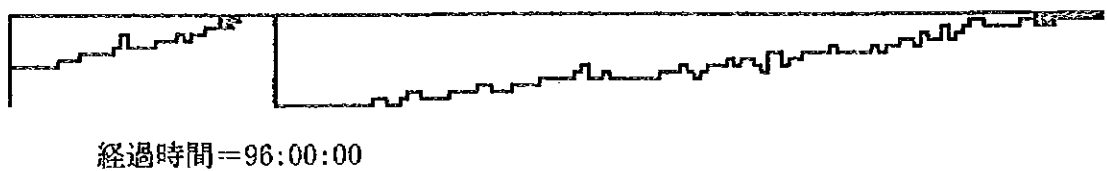
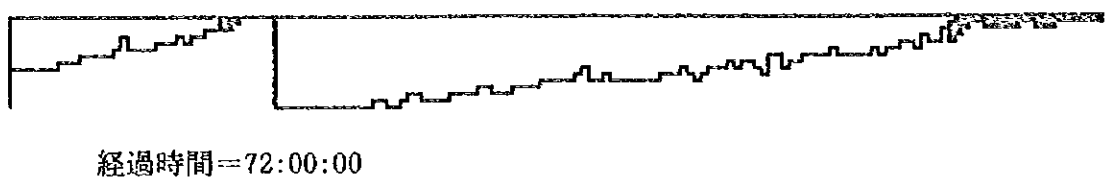
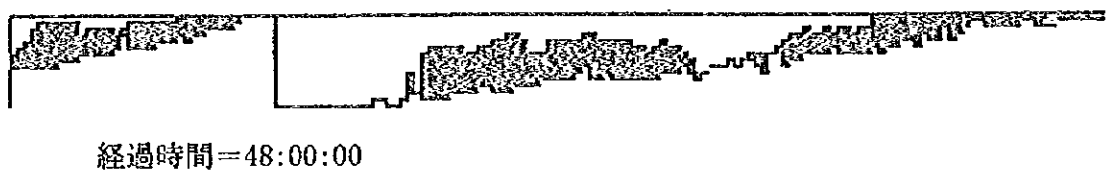
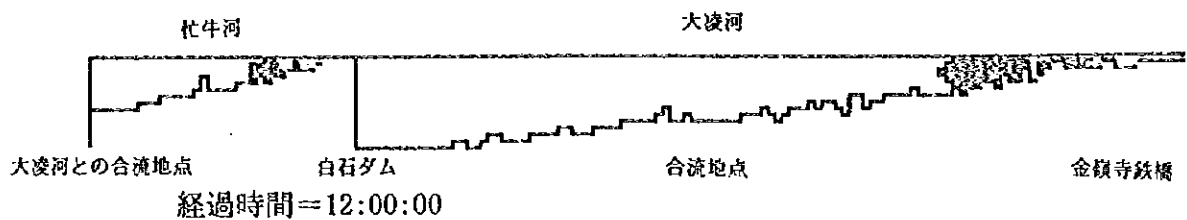


図 3.5.4.9 1992 年 F/S 時の洪水放流ルール -1962 年、1969 年、1984 年洪水(2/2)



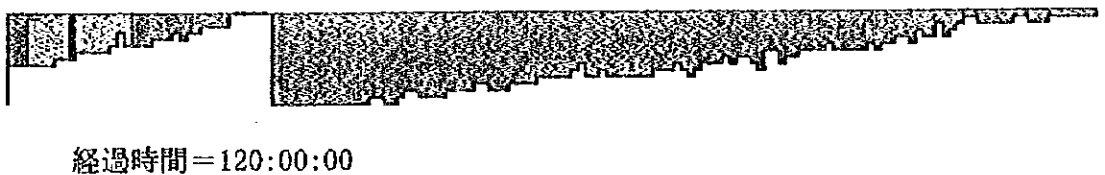
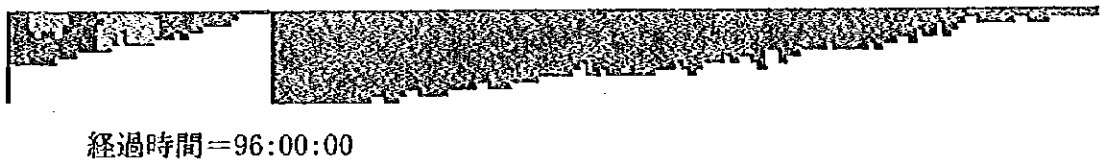
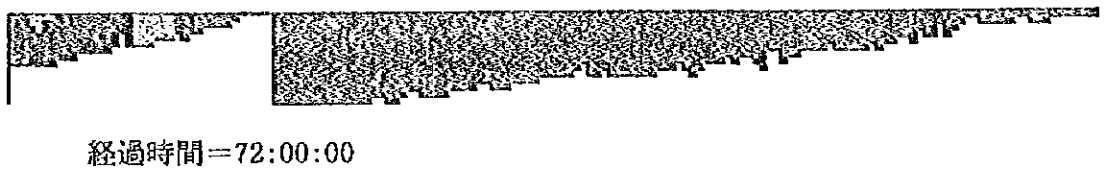
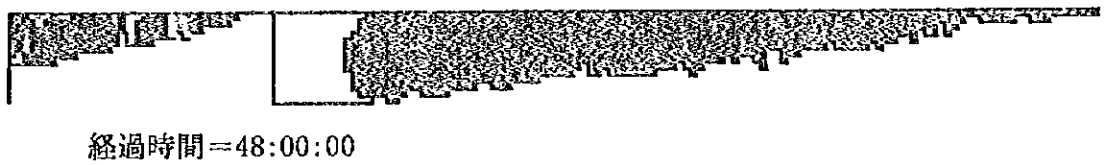
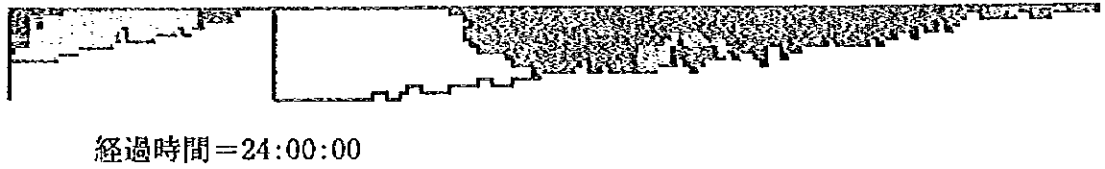
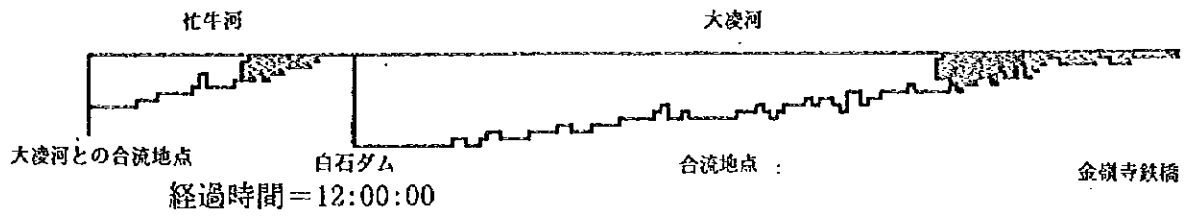
凡例	
浮遊砂濃度 (単位 : 100ppm)	
	1 ~ 2
	3 ~ 4
	5 ~ 6
	7 ~ 8
	9 ~ 10
	11 ~

図 3.5.4.10 洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -鉛直方向浮遊砂濃度分布(1/4)  
 - $d_{10}$ 、巻き上げを考慮しない場合



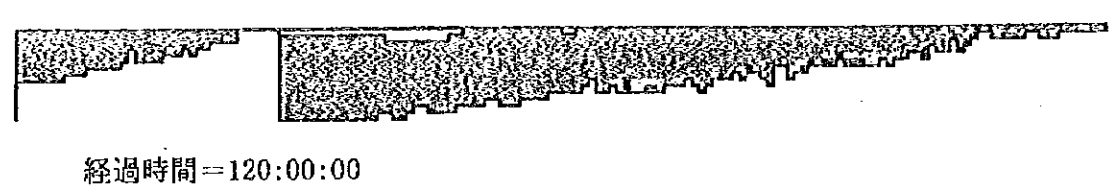
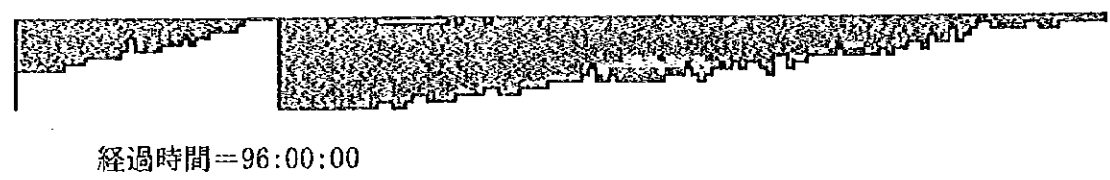
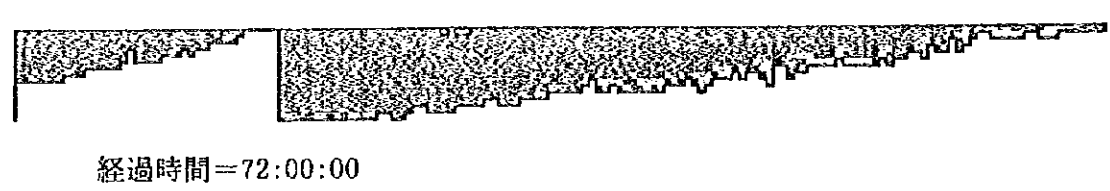
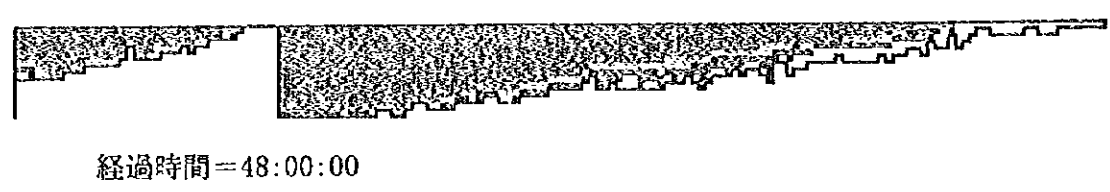
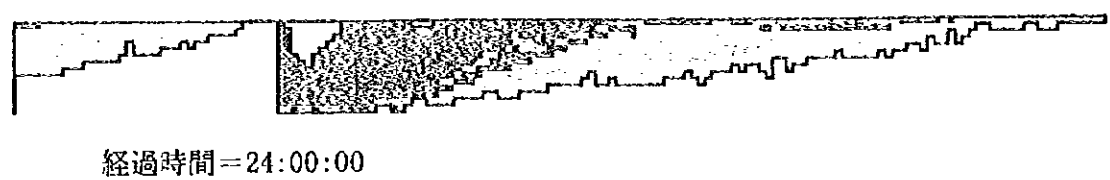
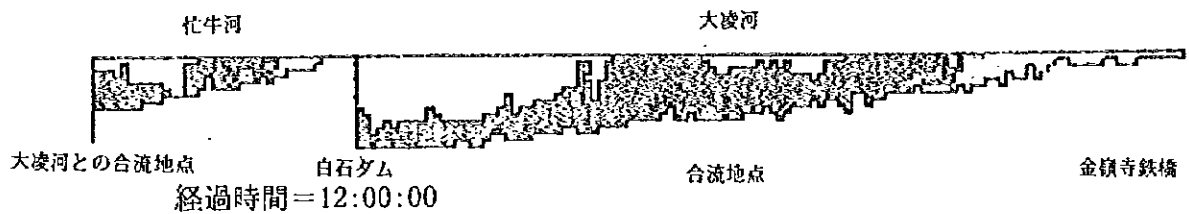
凡例	
浮遊砂濃度 (単位 : 100ppm)	
	1 ~ 7
	8 ~ 14
	15 ~ 21
	22 ~ 28
	29 ~ 35
	36 ~

図 3.5.4.10 洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -鉛直方向浮遊砂濃度分布(2/4)  
- $d_{11}$ 、巻き上げを考慮しない場合



凡例	
浮遊砂濃度 (単位 : 100ppm)	
	1 ~ 9
	10 ~ 18
	19 ~ 27
	28 ~ 36
	37 ~ 45
	46 ~

図 3.5.4.10 洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -鉛直方向浮遊砂濃度分布(3/4)  
- $d_{10}$ 、巻き上げを考慮しない場合



凡例	
浮遊砂濃度 (単位 : 100ppm)	
	1 ~ 7
	8 ~ 14
	15 ~ 21
	22 ~ 28
	29 ~ 35
	36 ~

図 3.5.4.10 洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -鉛直方向浮遊砂濃度分布(4/4)  
- $d_{90}$ 、巻き上げを考慮した場合

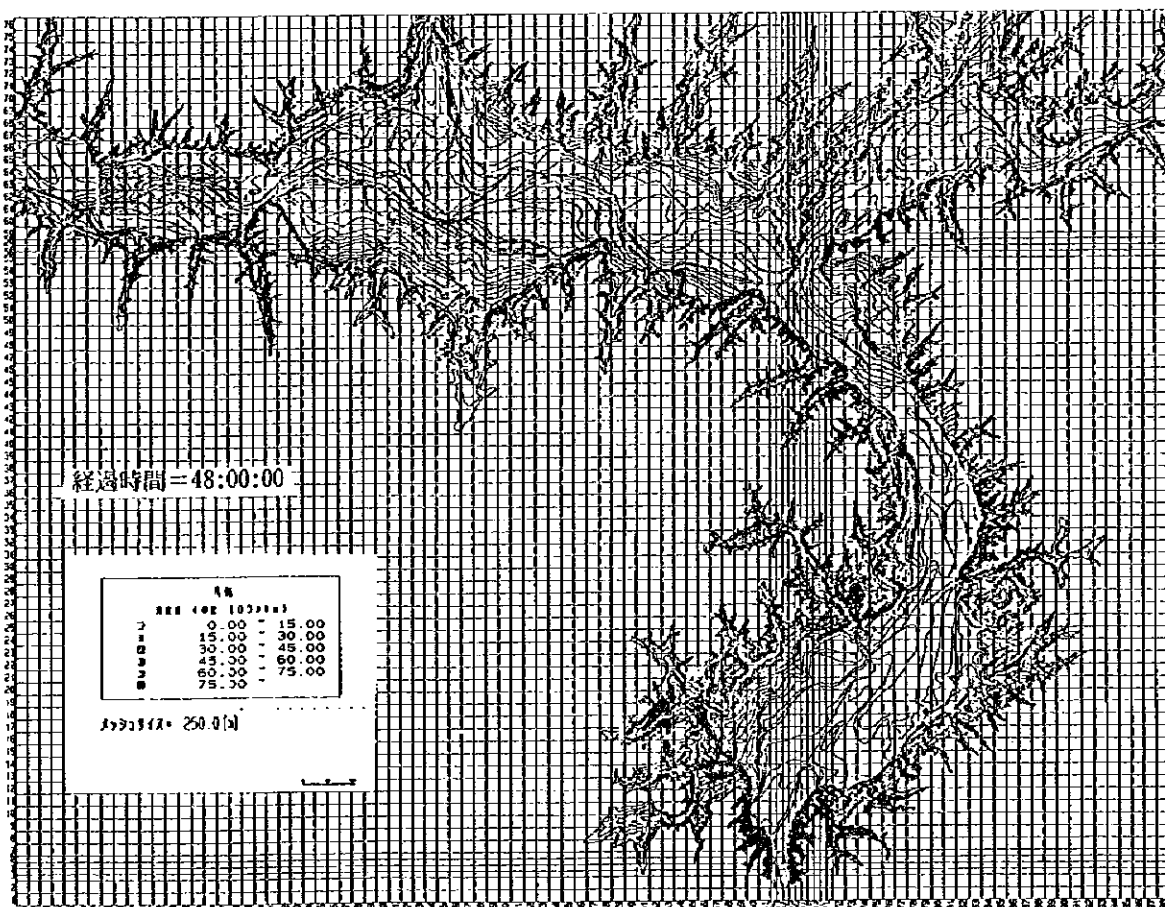
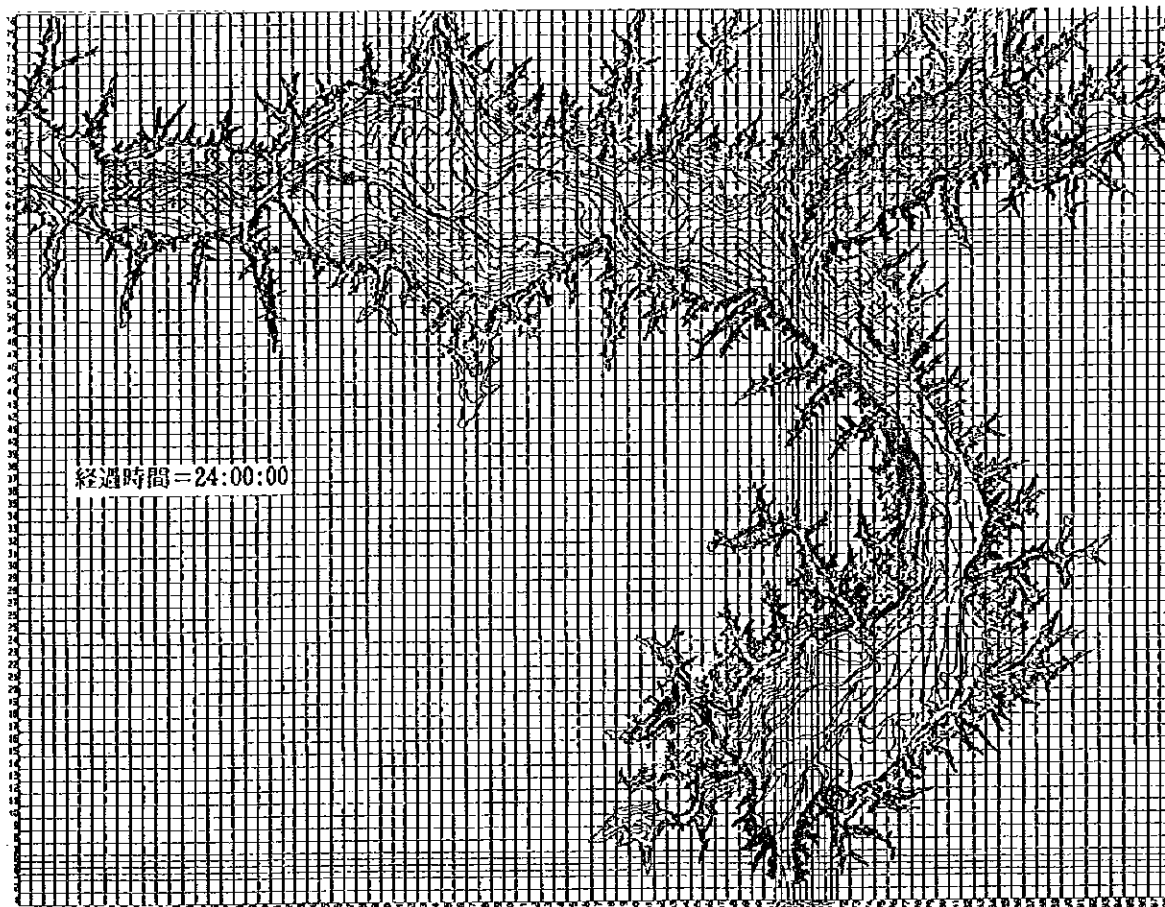


図 3.5.4.11 洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -最上層の浮遊砂濃度平面分布  
- $d_{10}$ 、巻き上げを考慮しない場合



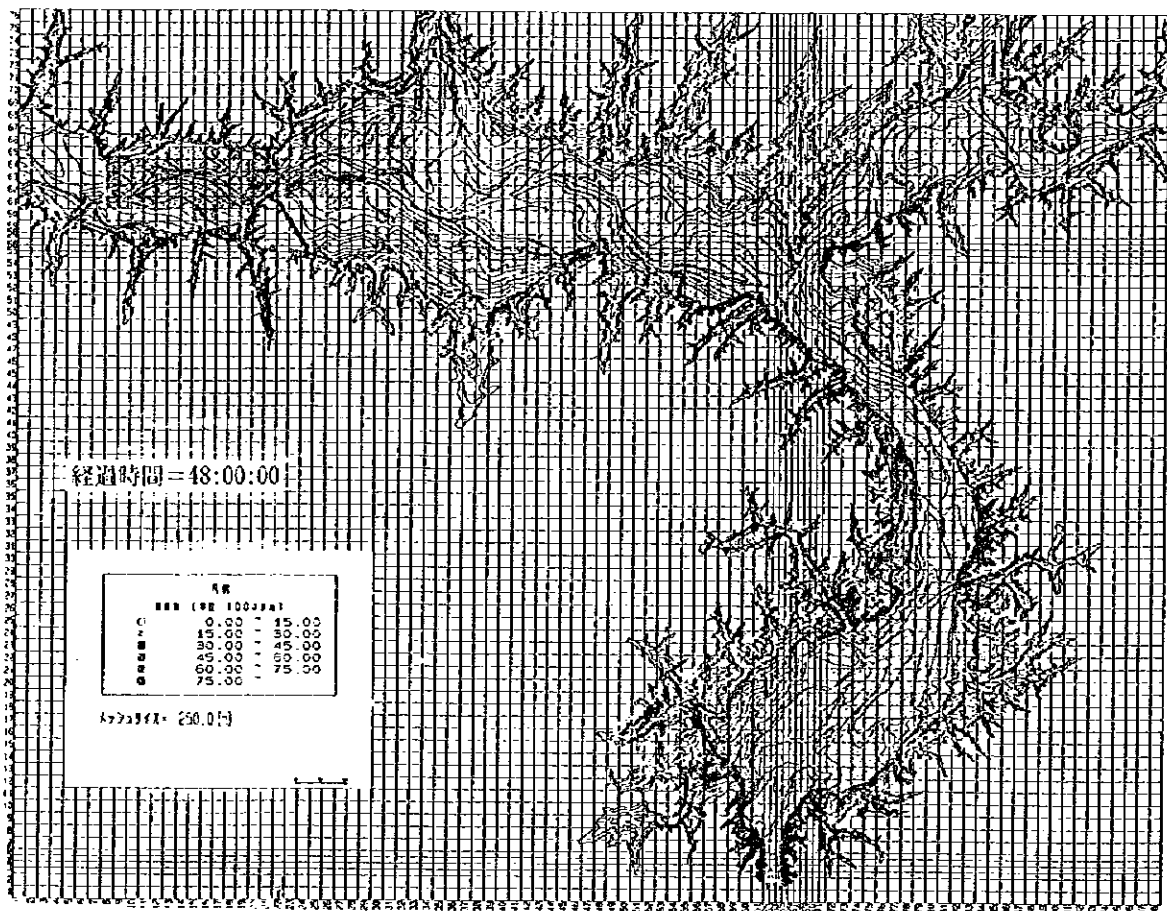
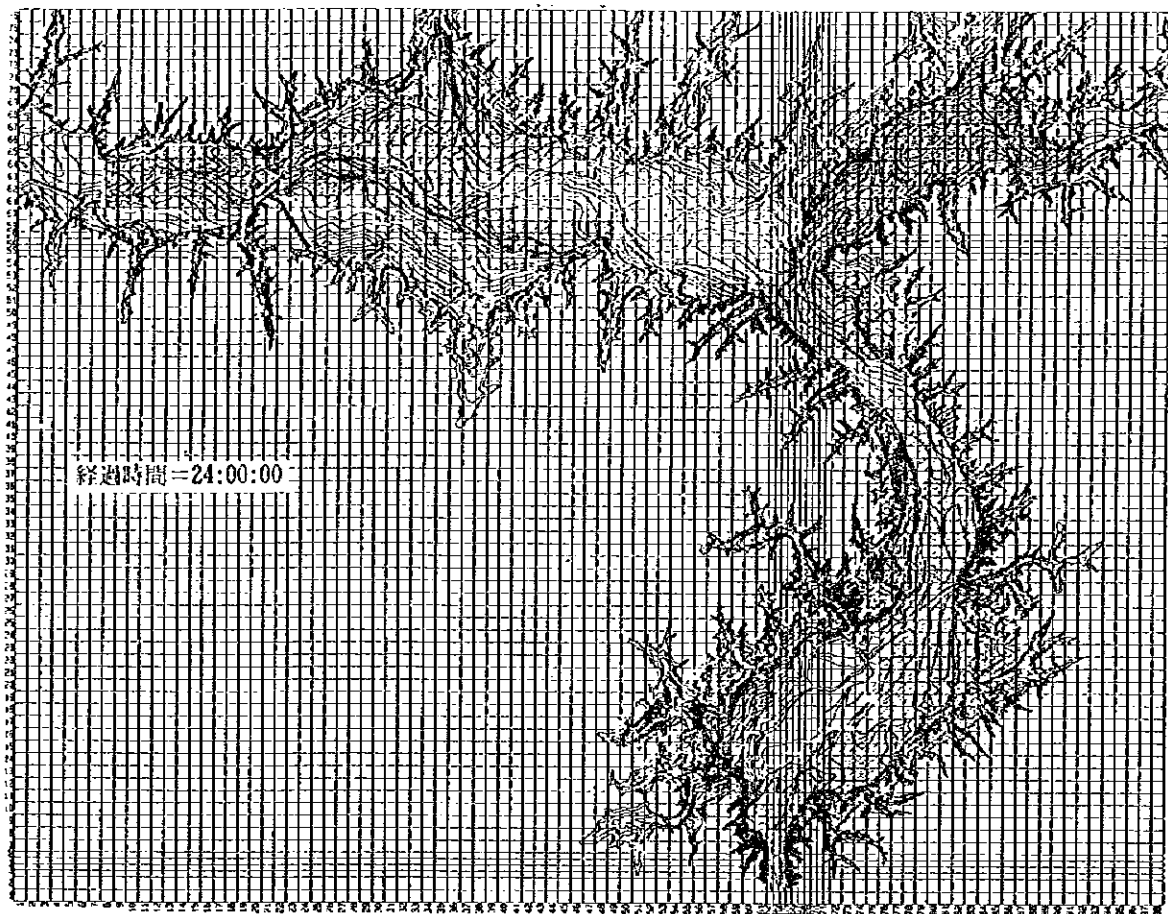


図 3.5.4.12 洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -最上層の浮遊砂濃度平面分布 - $d_{10}$ 、巻き上げを考慮した場合

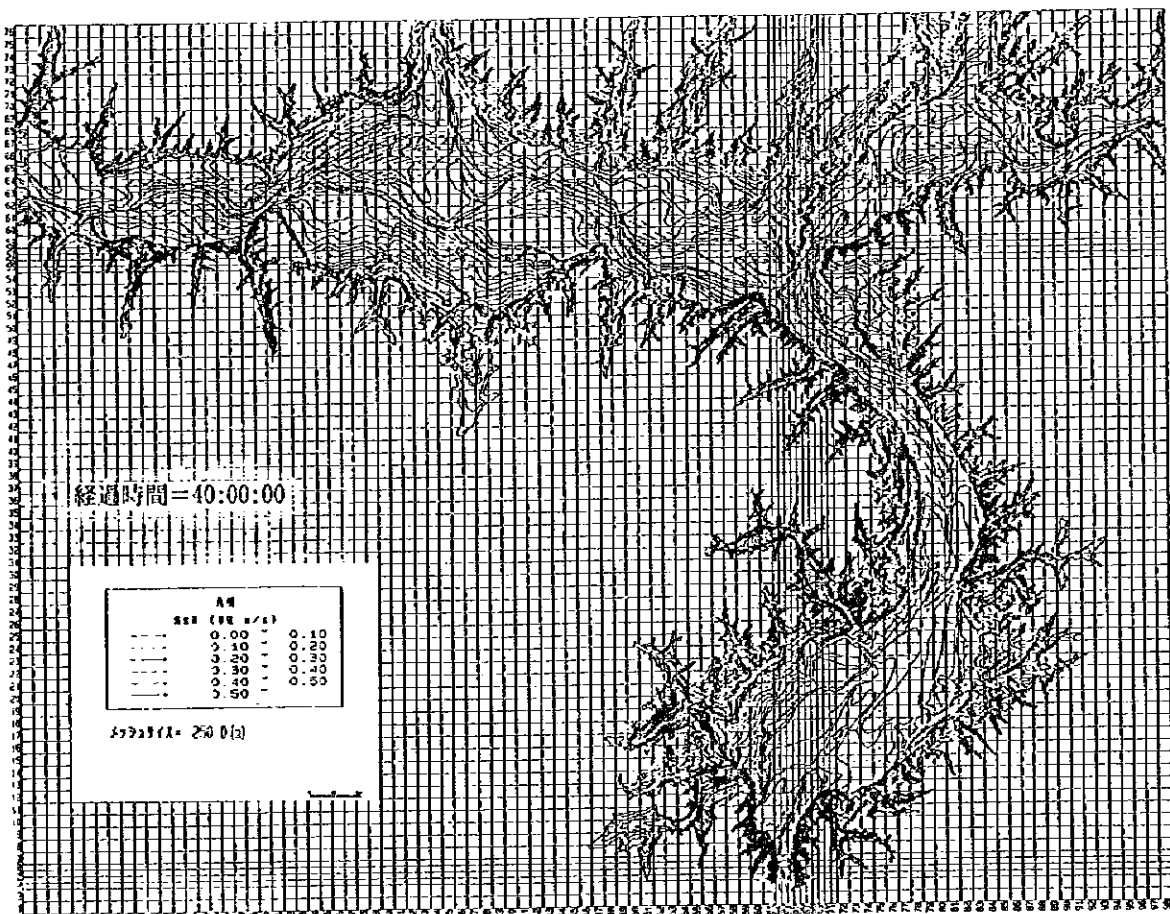
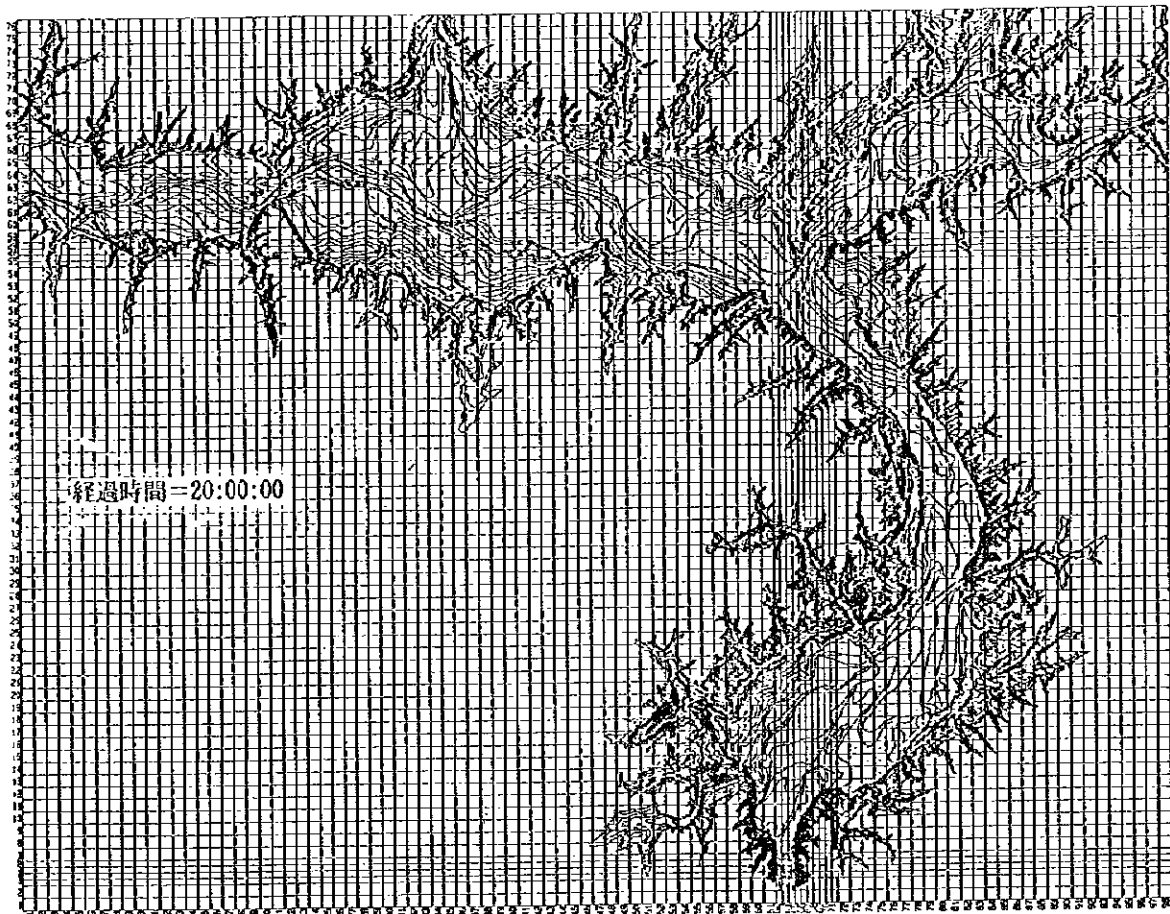


図 3.5.4.13 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 - 流速平面分布(1/3)

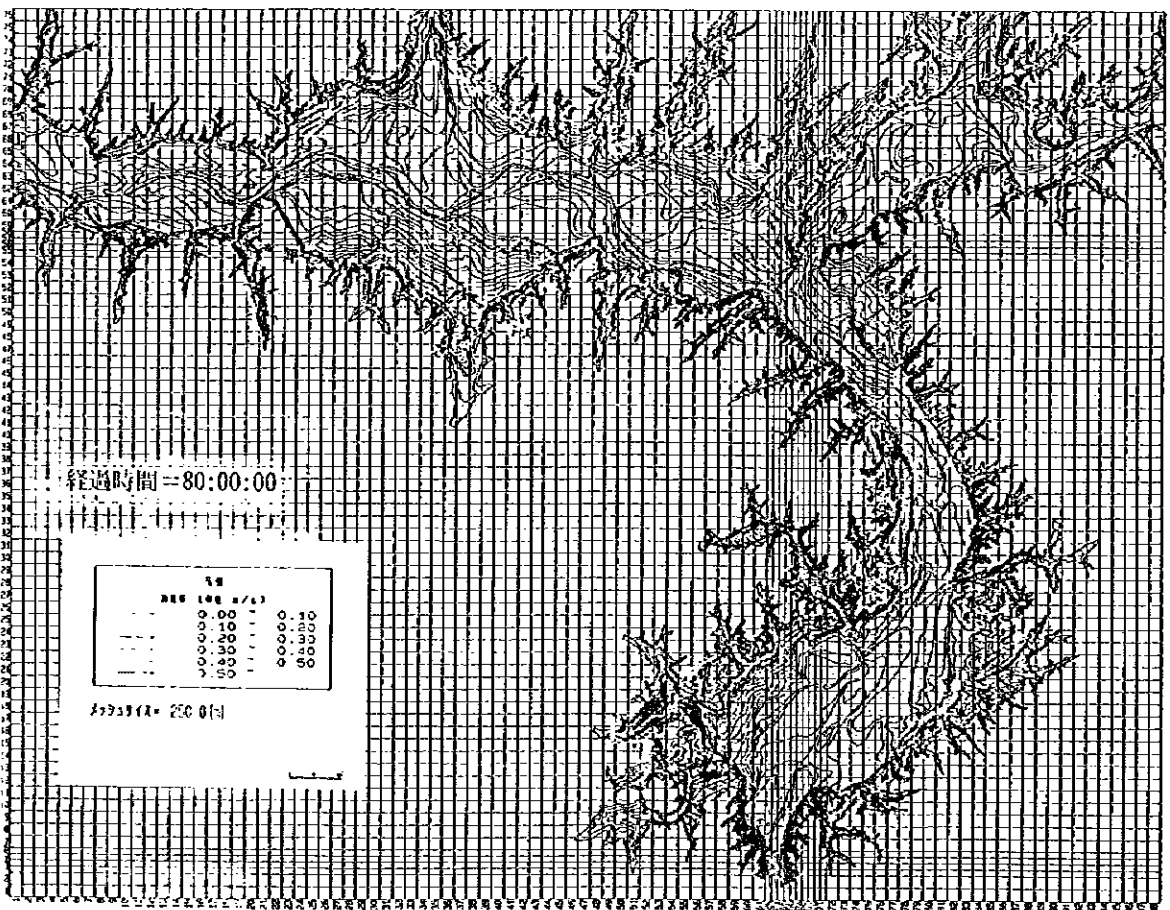
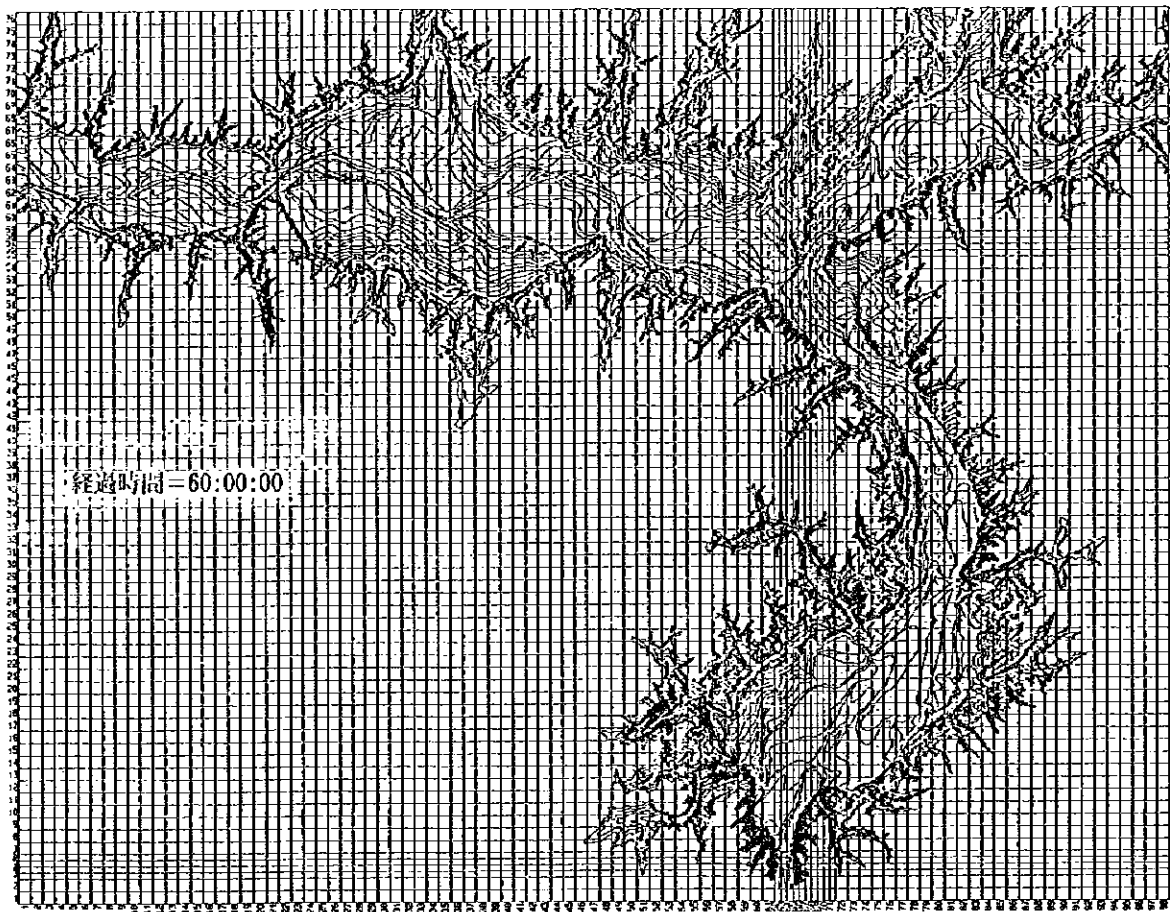


図 3.5.4.13 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -流速平面分布(2/3)

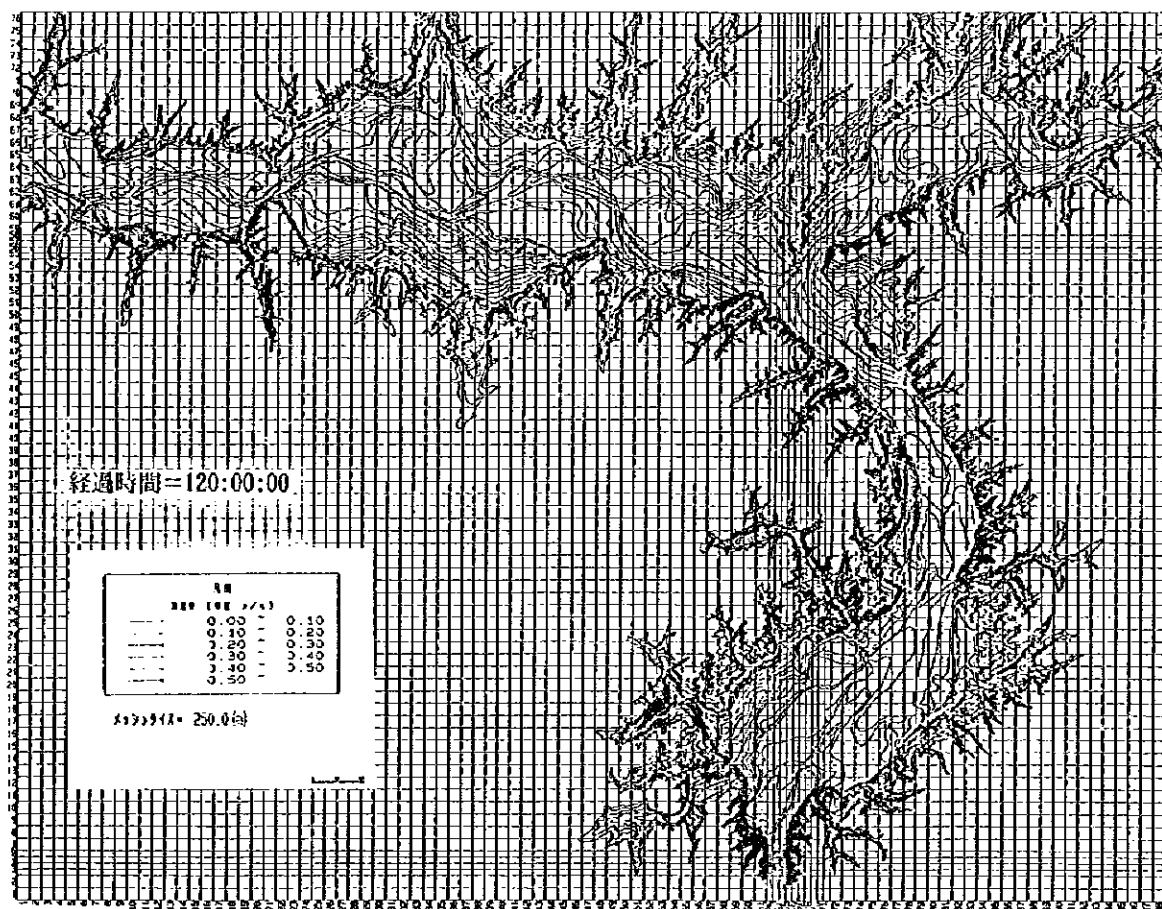
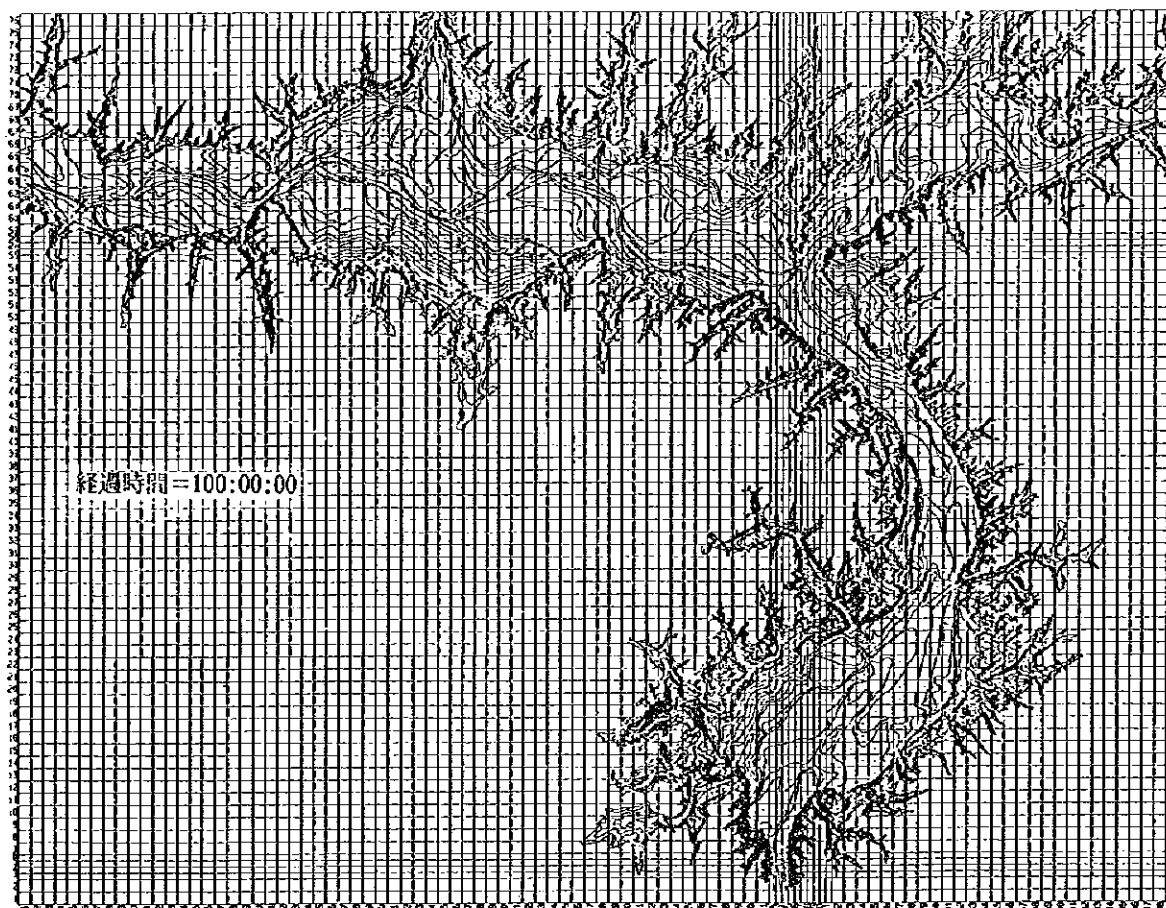


図 3.5.4.13 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -流速平面分布(3/3)

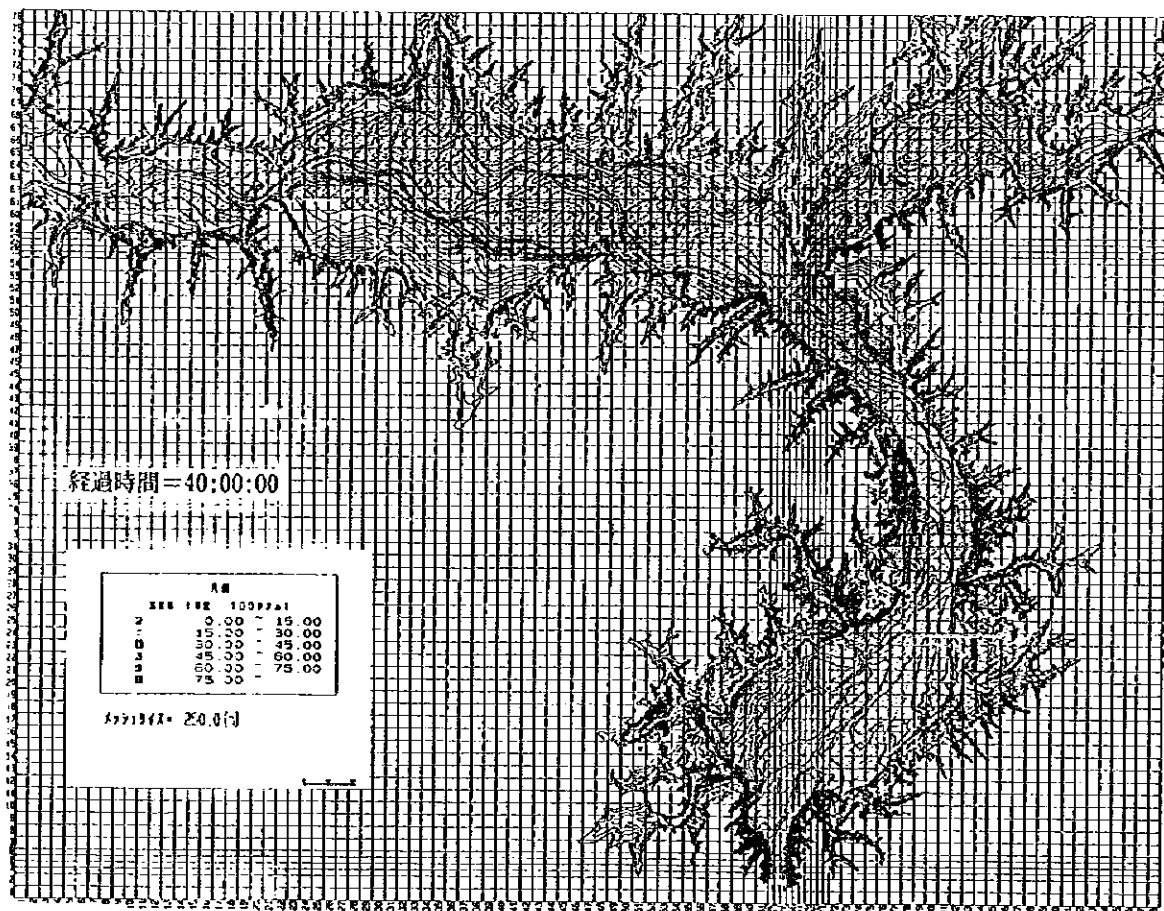
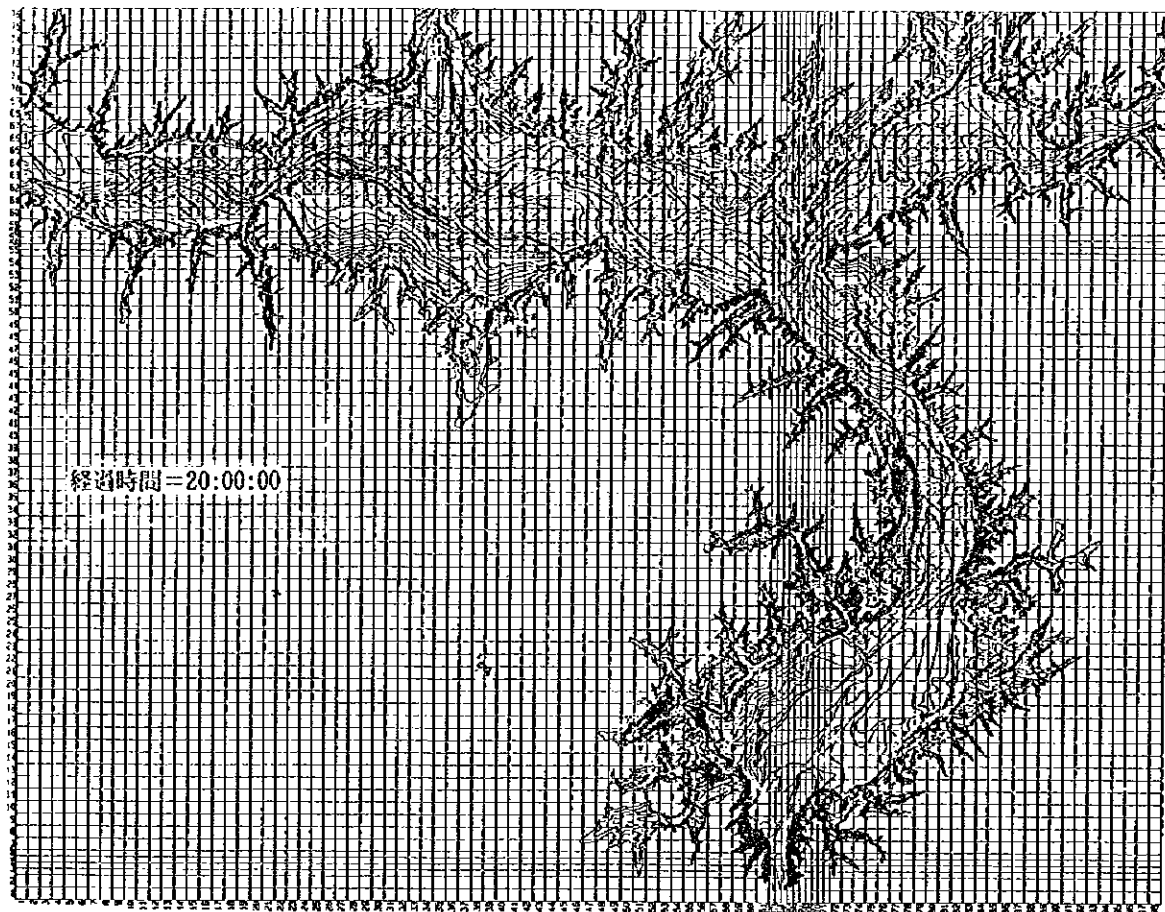


図 3.5.4.14 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 - 浮遊砂濃度平面分布(1/3)



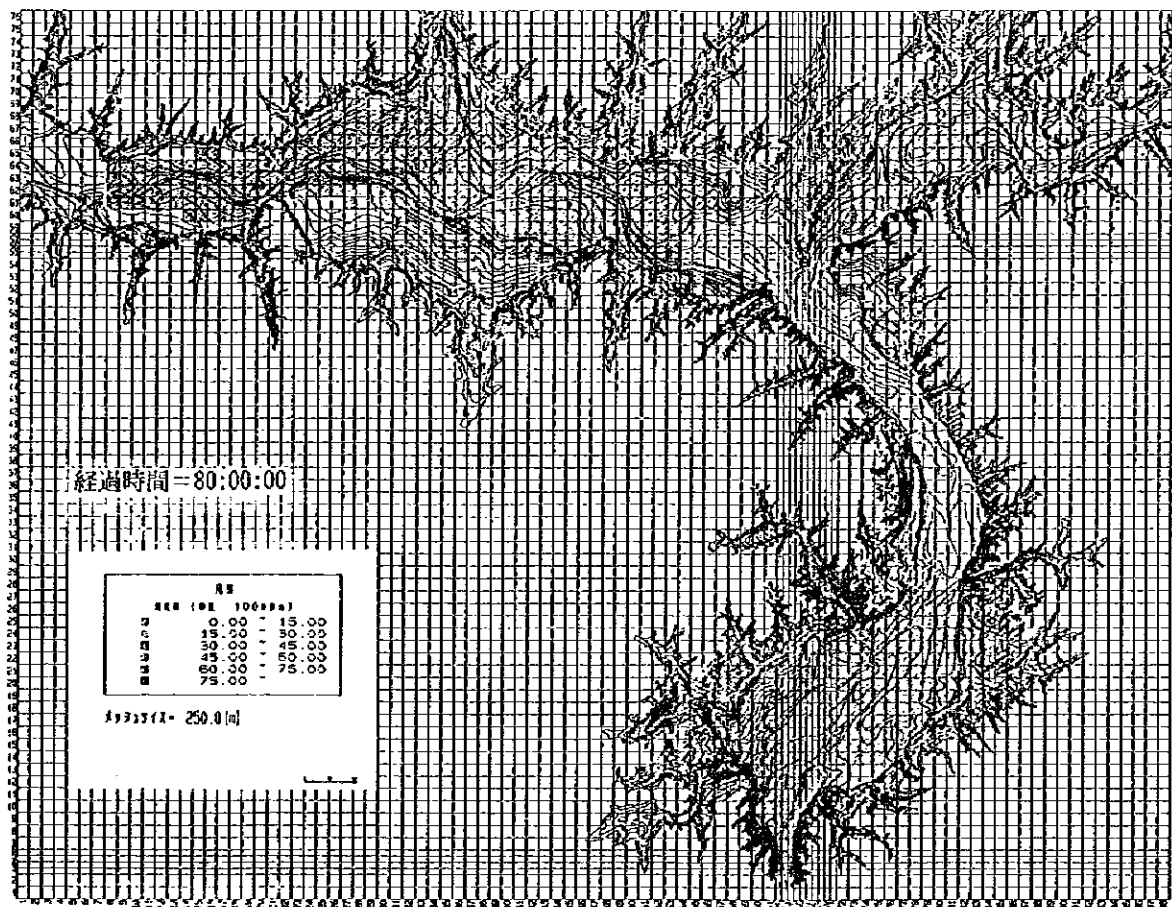
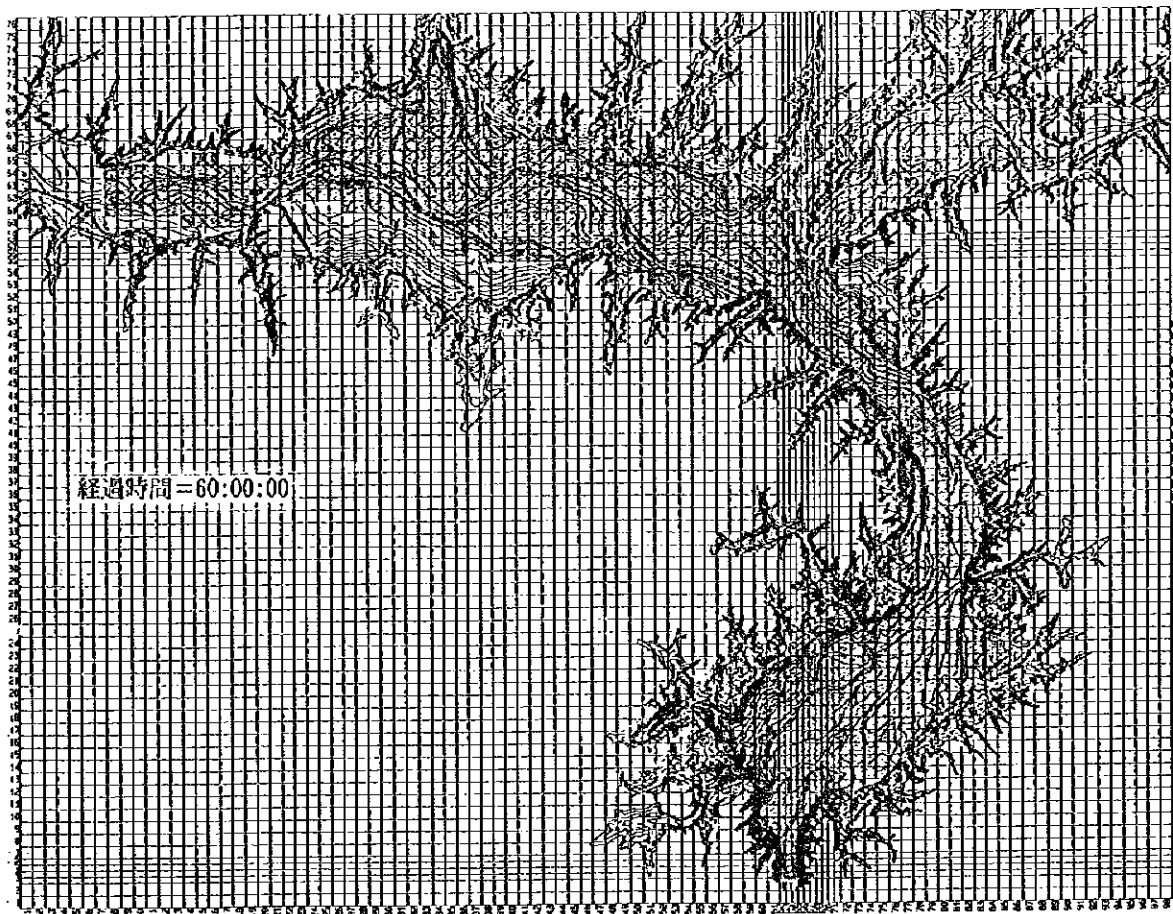


図 3.5.4.14 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 - 浮遊砂濃度平面分布 (2/3)

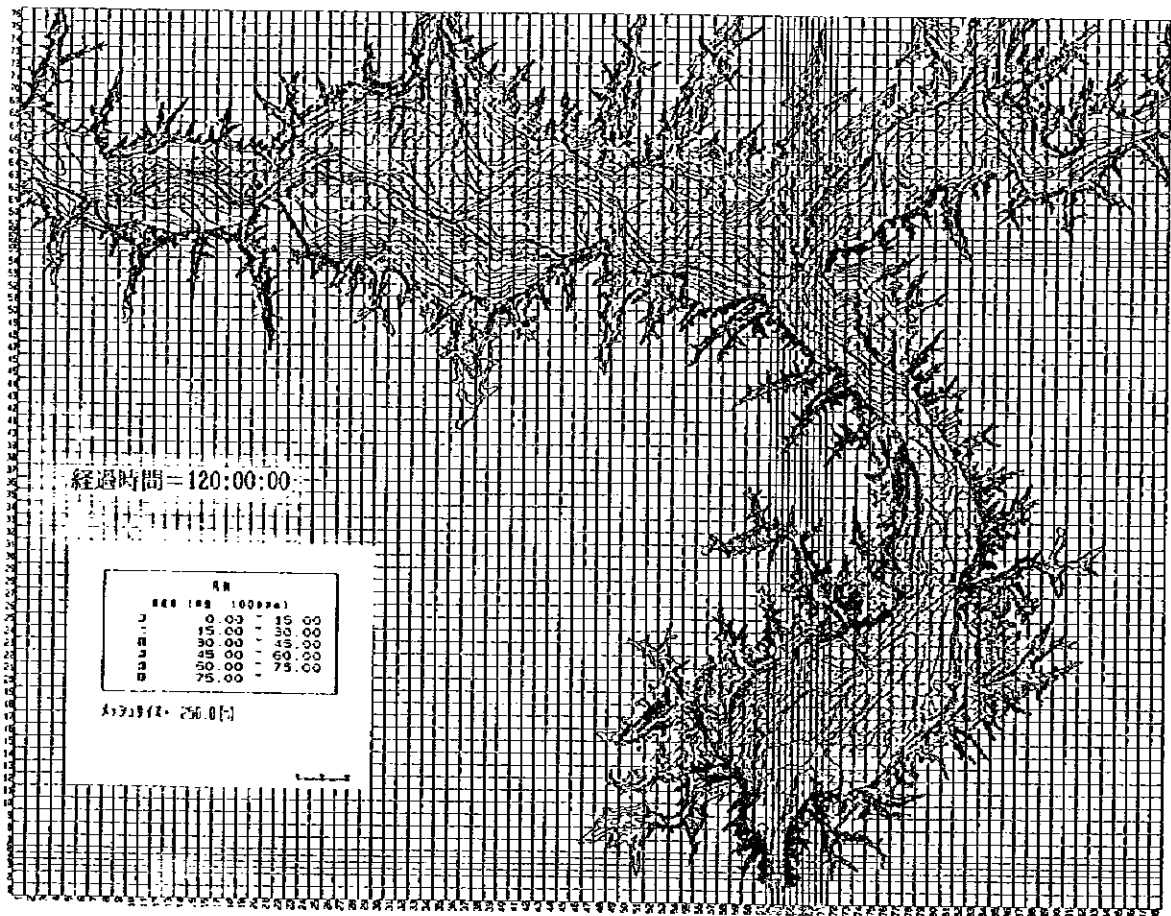
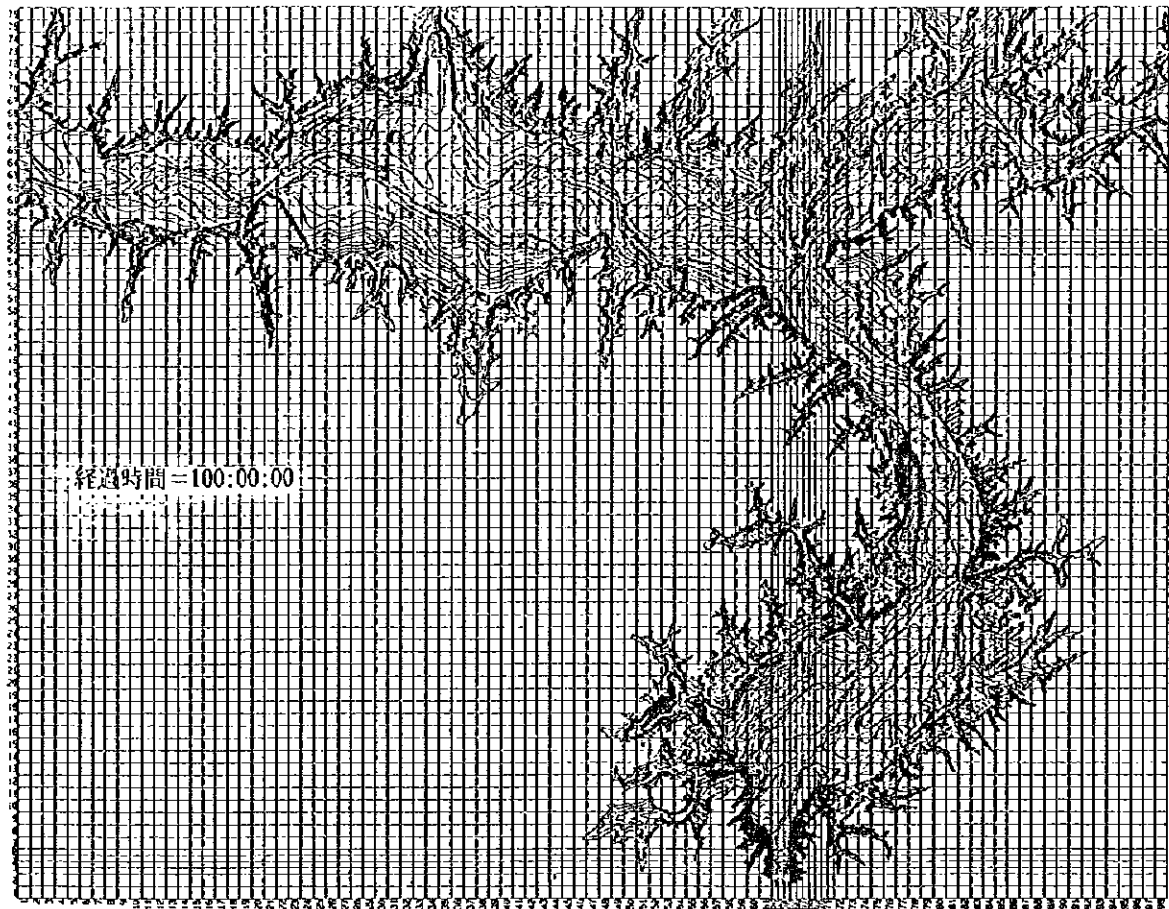


図 3.5.4.14 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 - 浮遊砂濃度平面分布(3/3)

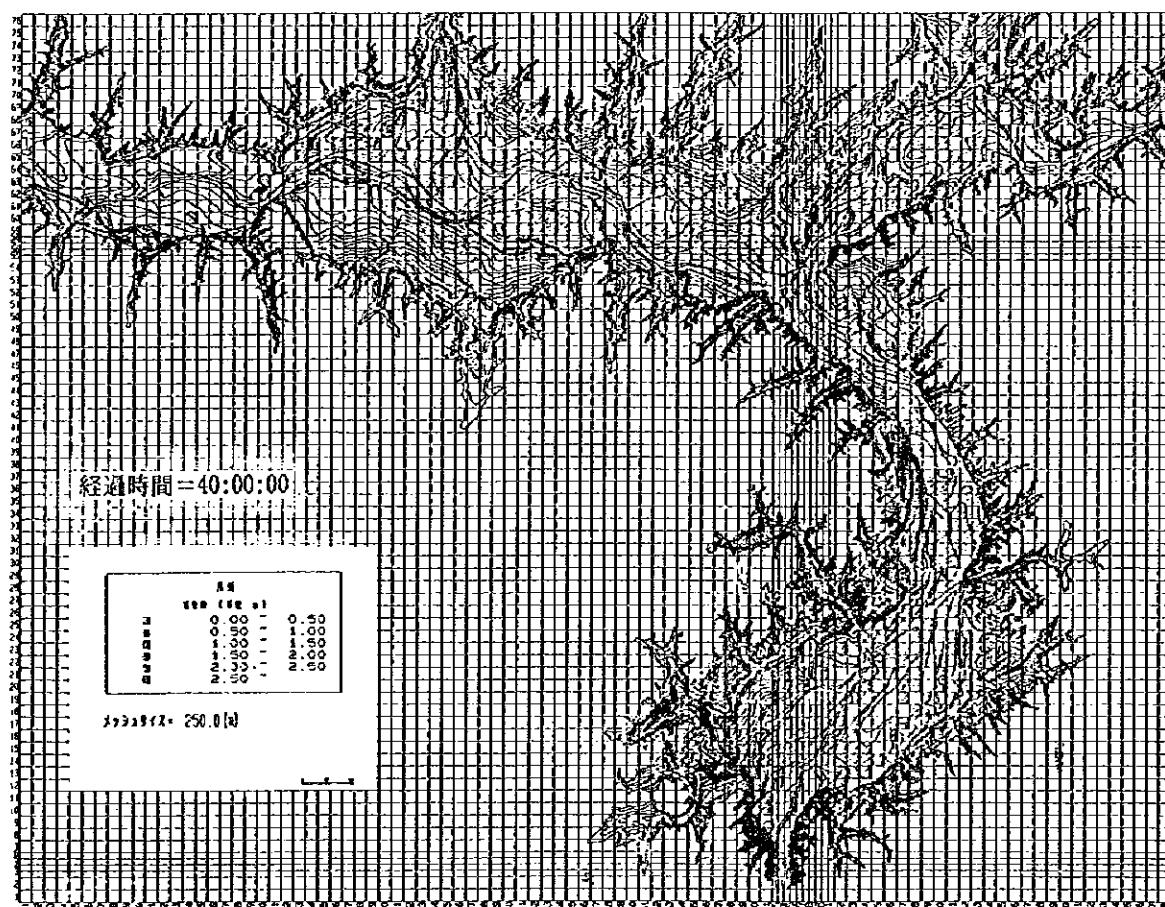
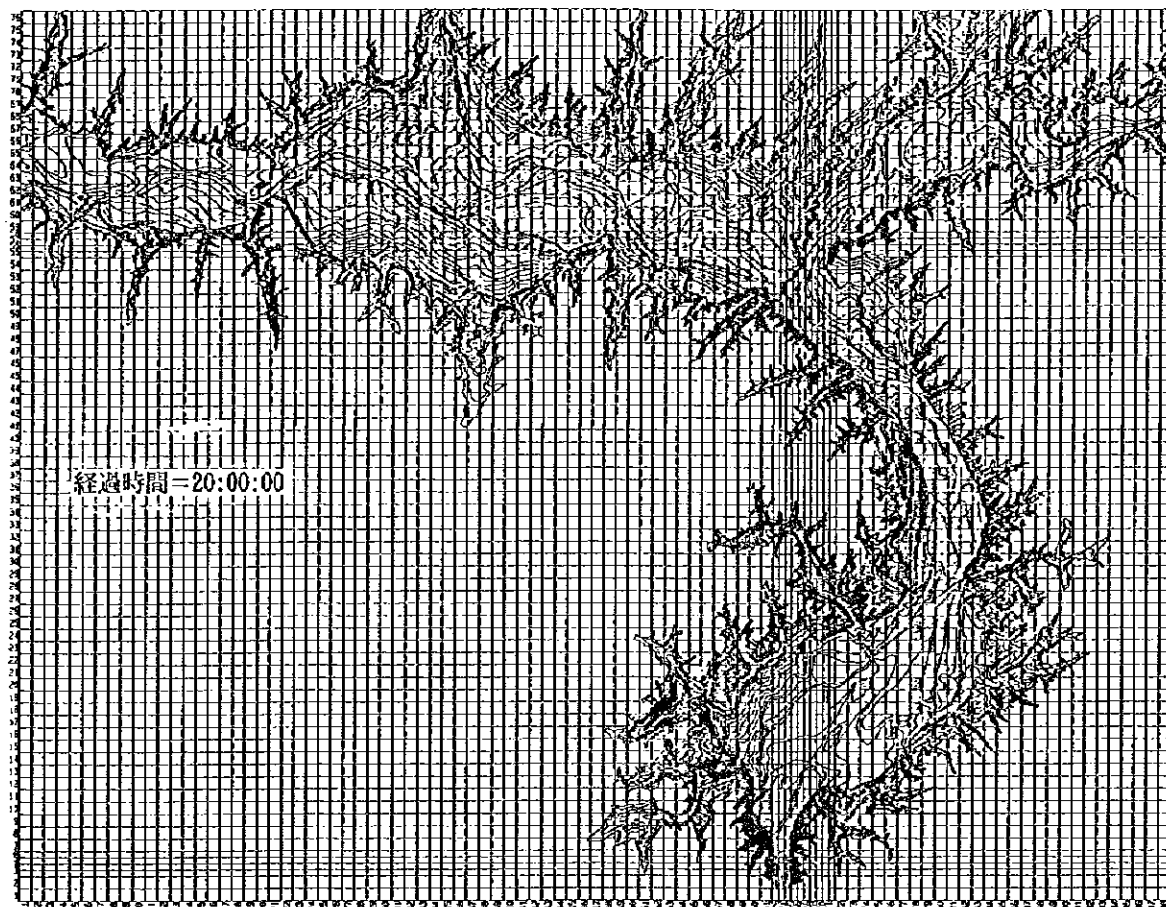


図 3.5.4.15 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 - 堆積状況平面分布(1/3)



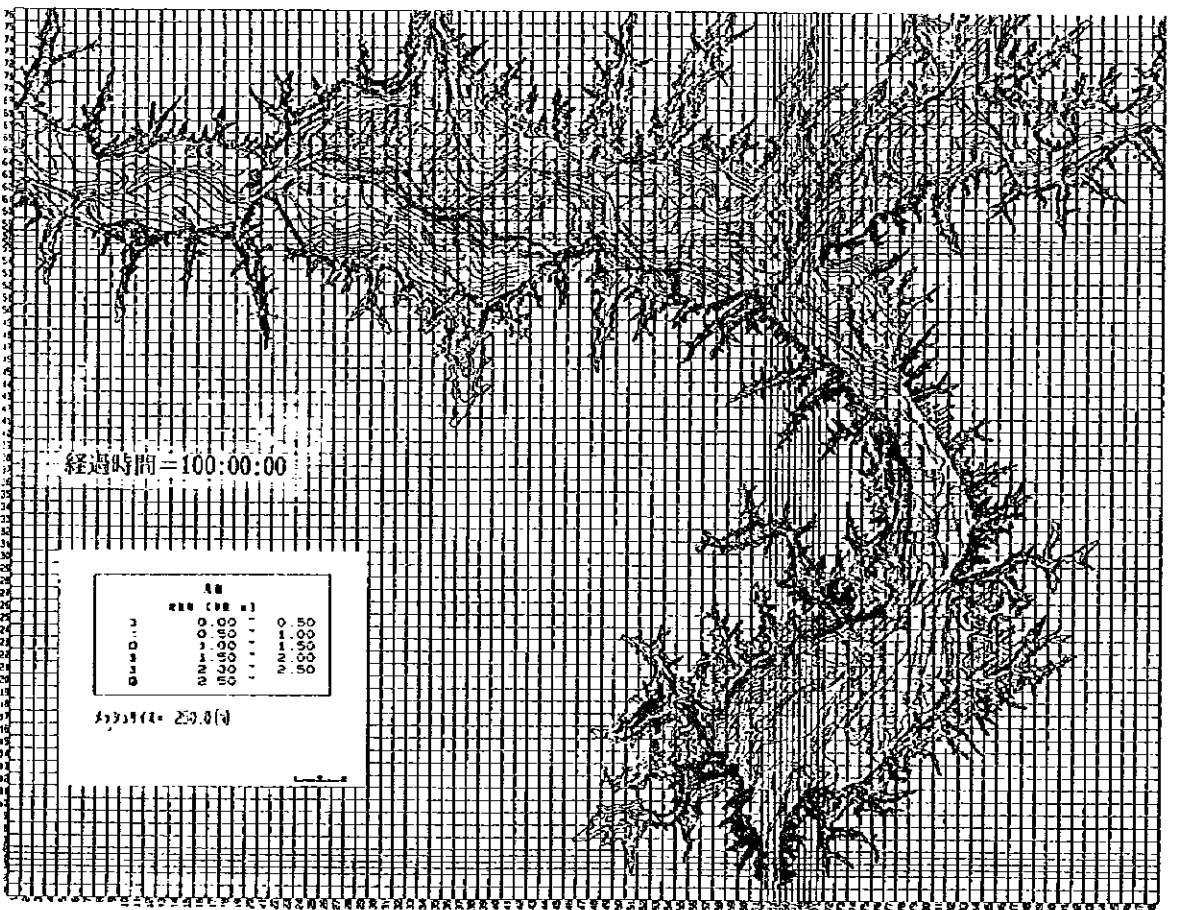
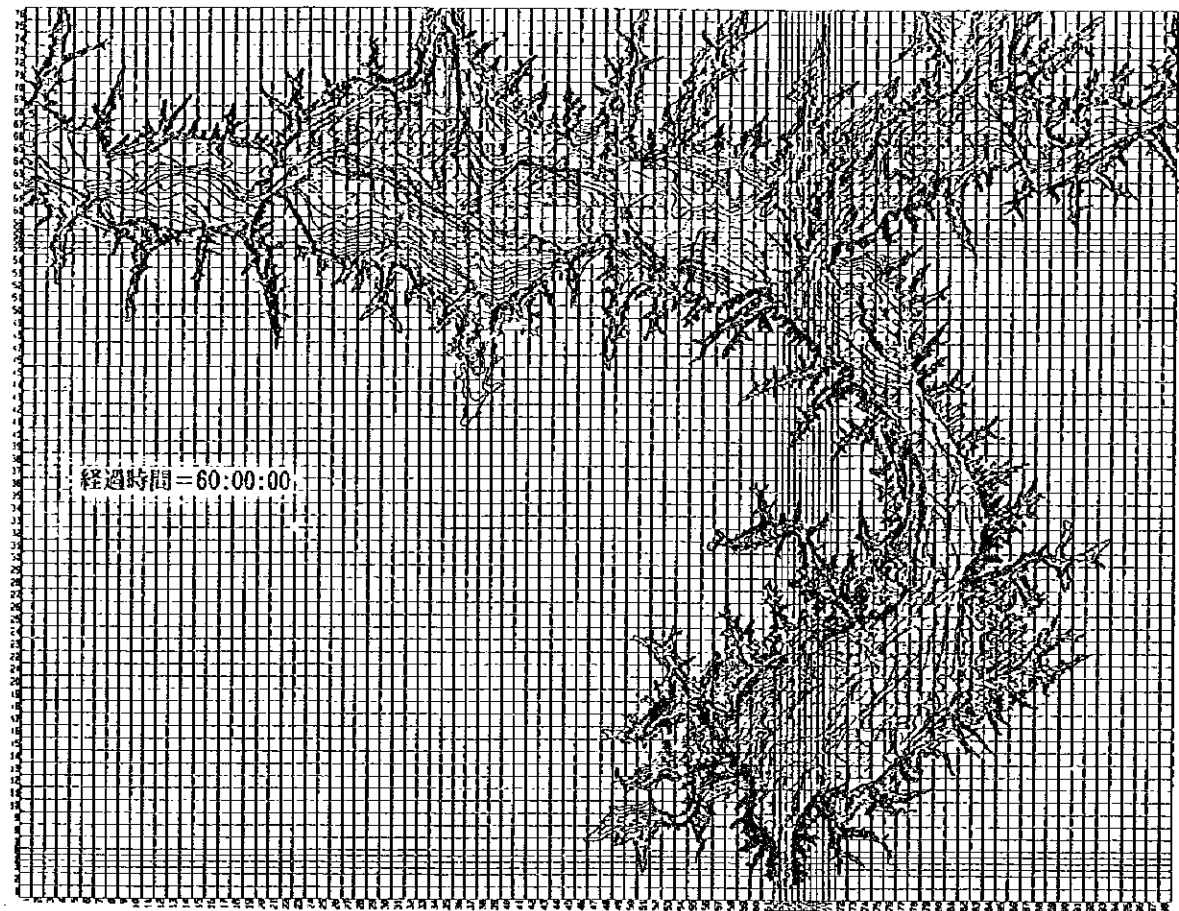


図 3.5.4.15 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -堆積状況平面分布(2/3)

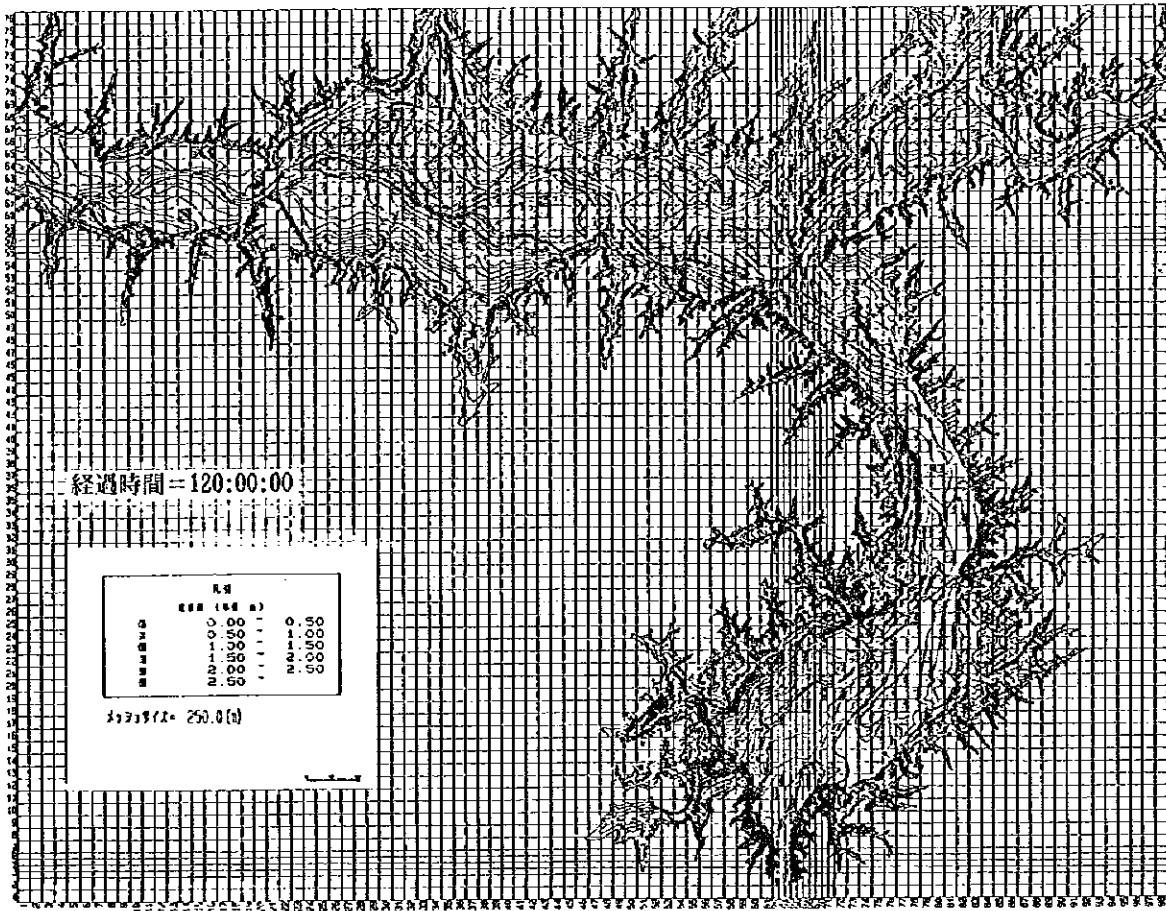


図 3.5.4.15 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -堆積状況平面分布(3/3)

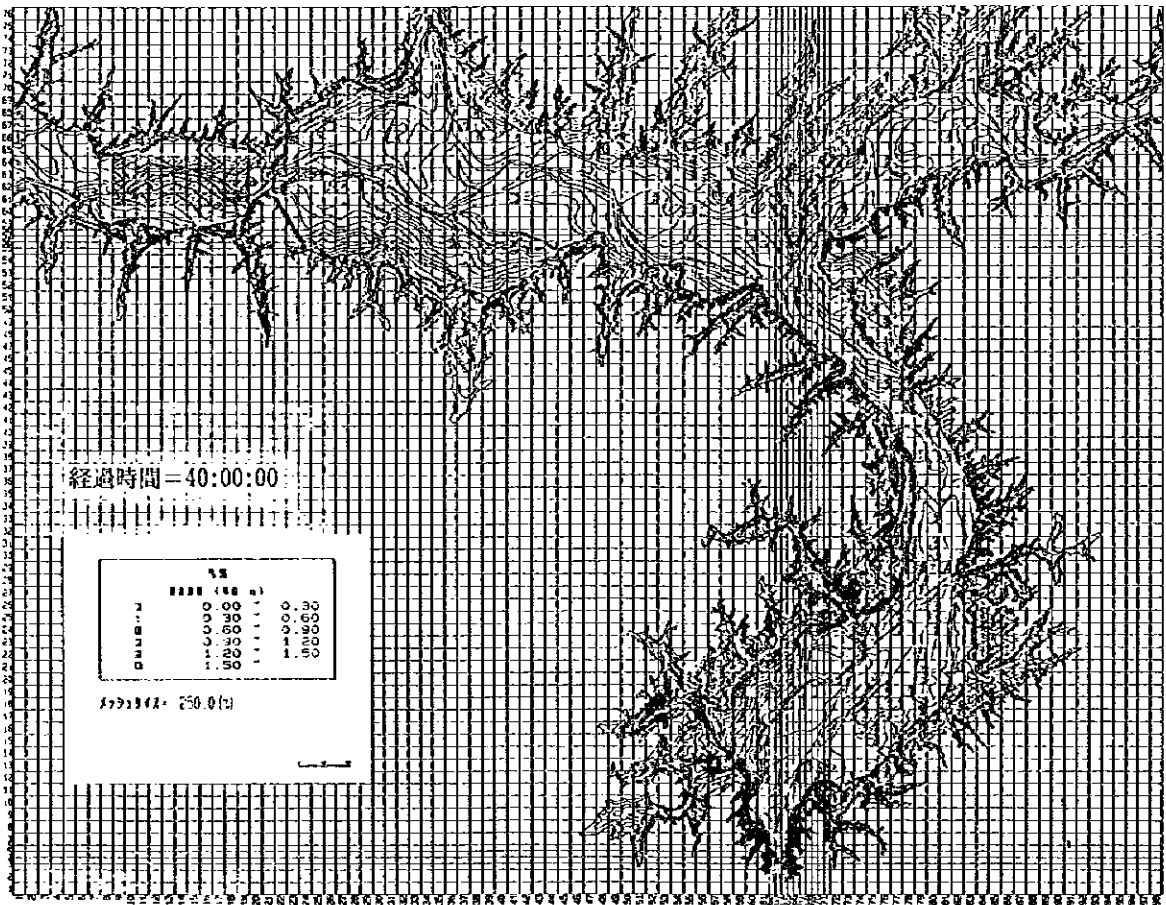
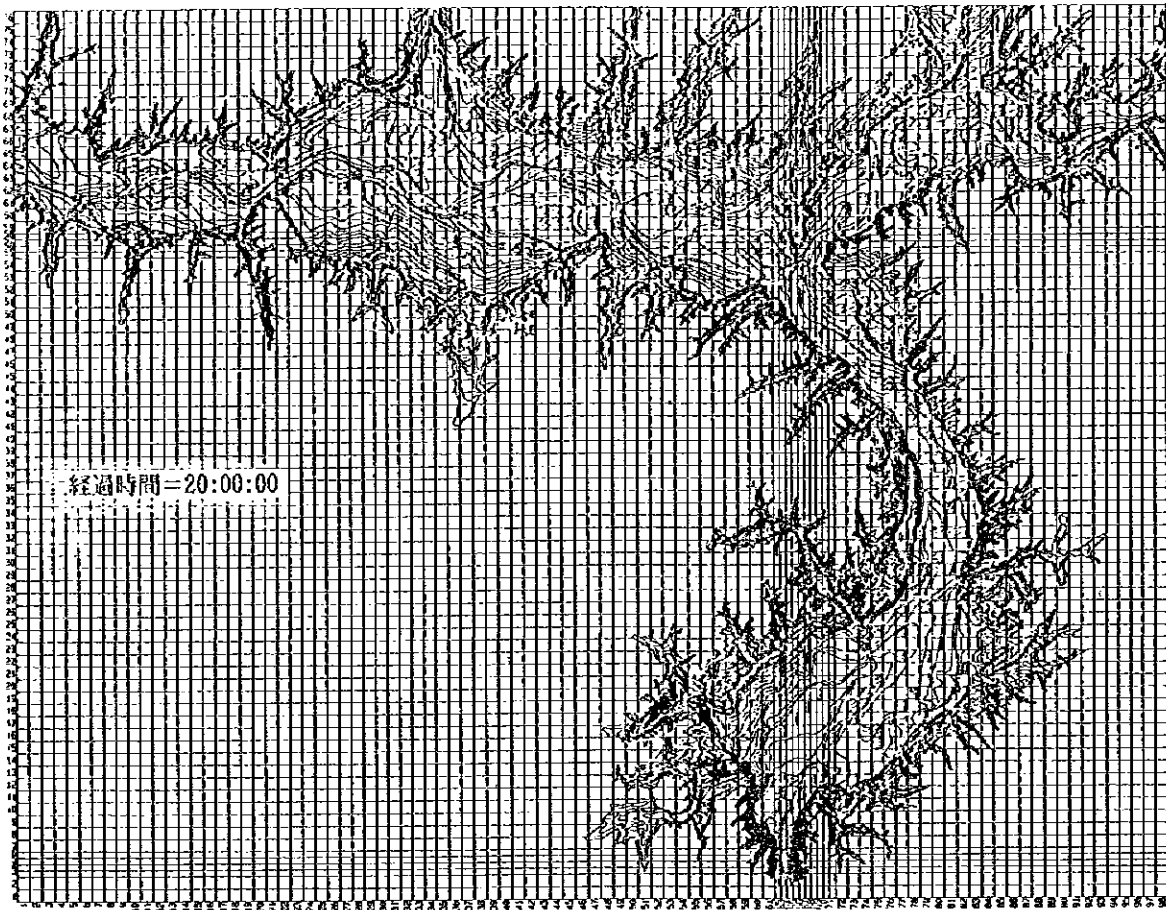


図 3.5.4.16 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -洗掘状況平面分布(1/3)

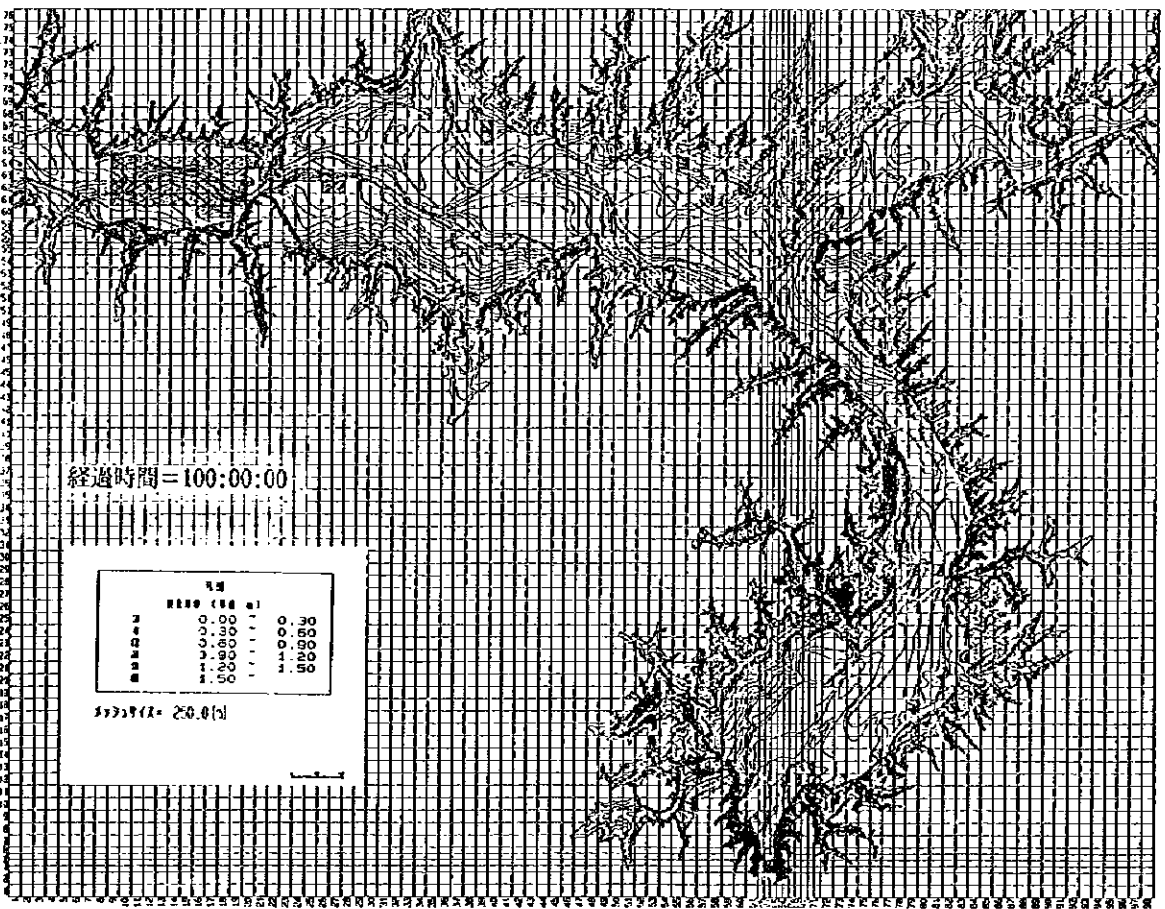
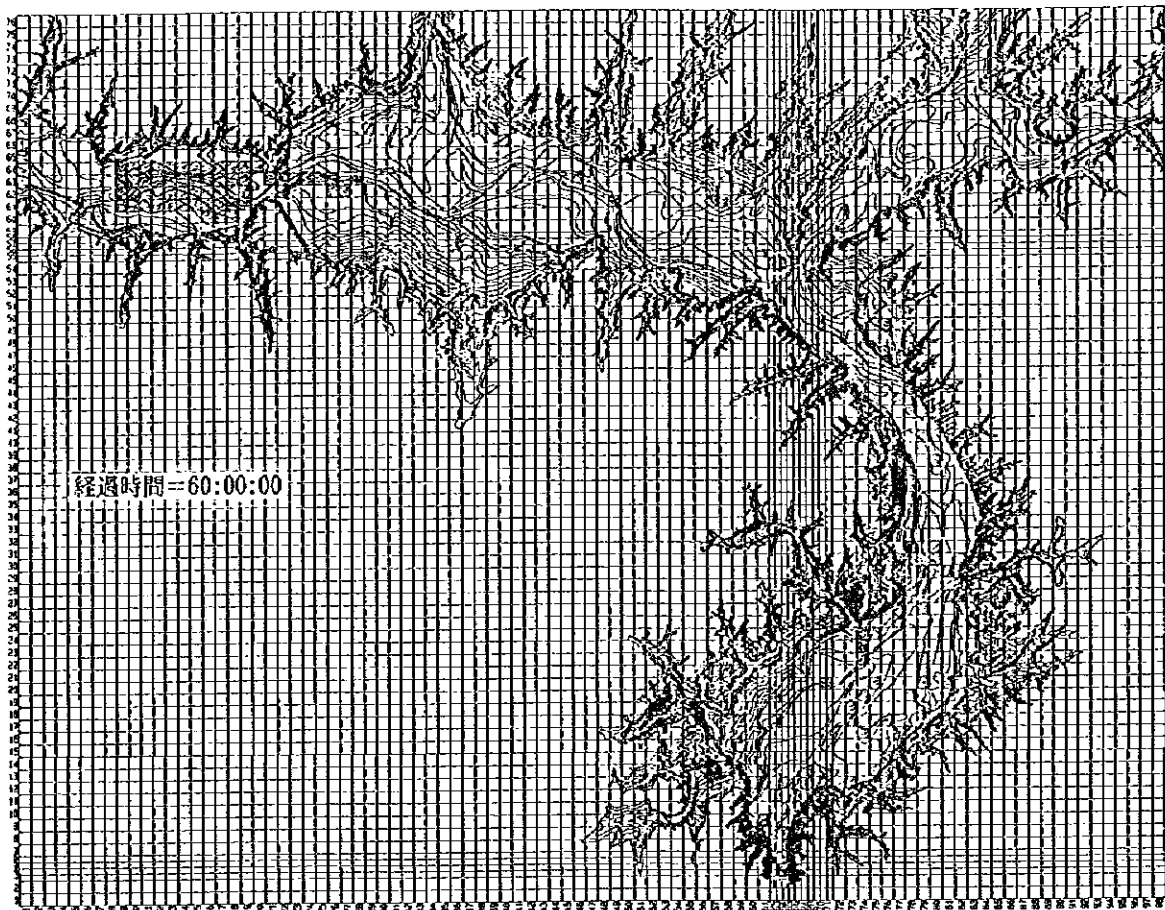


図3.5.4.16 1962年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -洗掘状況平面分布(2/3)

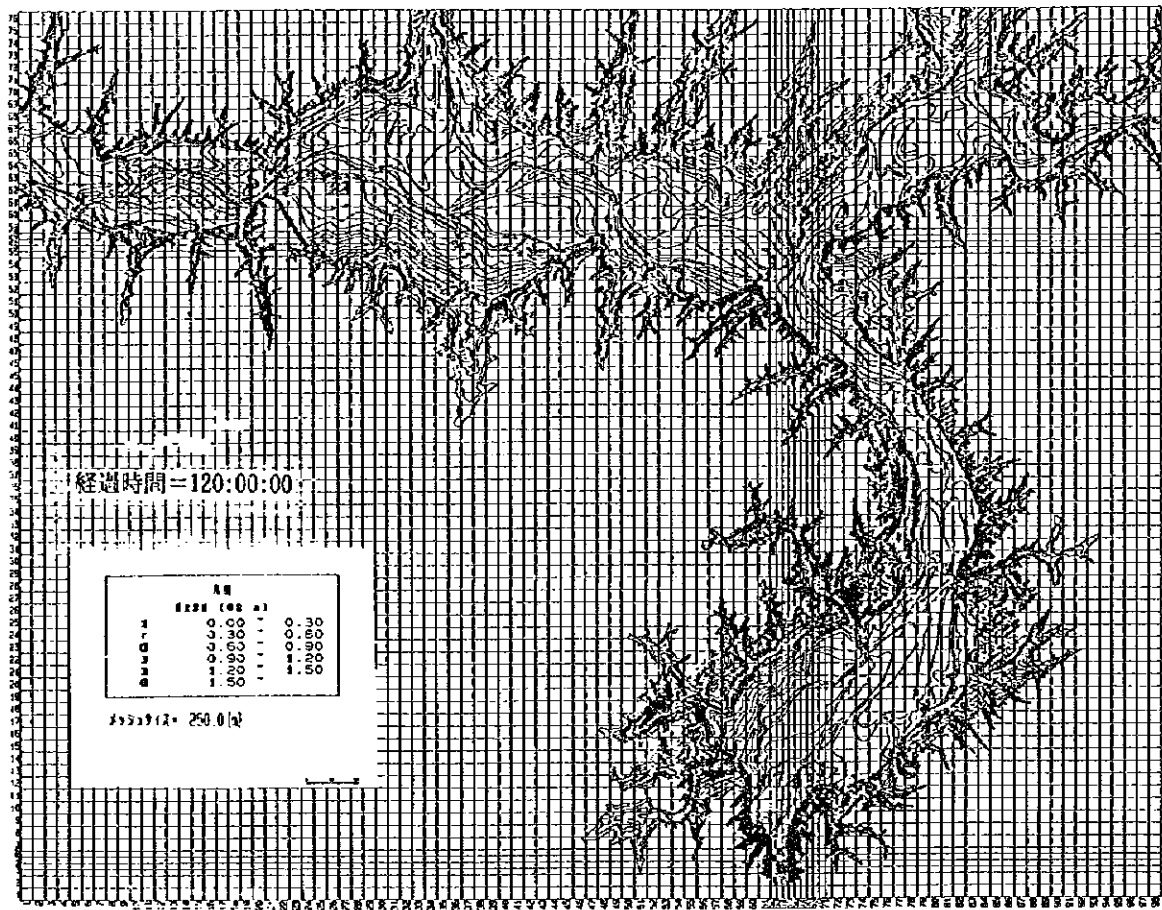


図 3.5.4.16 1962 年洪水時拡散、排砂シミュレーション結果 -洗掘状況平面分布(3/3)