

表 3.2 取水地点一覧

	用途	位置	水利権量
		km	(m ³ /s)
王子製紙	工水	9.6	0.700
東葛葛南工水	工水	10.6	1.589
北越製紙	工水	11.7	0.463
千葉上水矢切 2	上水	15.83	1.460
千葉上水矢切 1	上水	15.85	0.800
東京都上水金町2・3	上水	17.2	17.535
小山用水	用水	19.1	0.180
千葉県上水樋ノ口	上水	20.5	0.730
東京都上水三郷	上水	24.5	13.400
埼玉県上水新三郷	上水	24.5	4.390
北千葉県広域水道	上水	24.73	4.877
メルシャン	工水	27.6	0.014
流山用水	用水	28	0.810
キッコーマン	工水	28.2	0.0165
南部用水	用水	31	0.103
今上用水	用水	37.5	0.320
野田市上水	上水	39.1	0.137
二郷半領揚水	用水	39.6	4.199
埼玉県上水庄和	上水	43.2	3.465
金野井用水	用水	46.7	3.695
木津内樋管	用水	54.4	2.325
中島用水	用水	58.2	0.658

上記の条件のもと構築した水理モデル図を図 3.2 に示す。

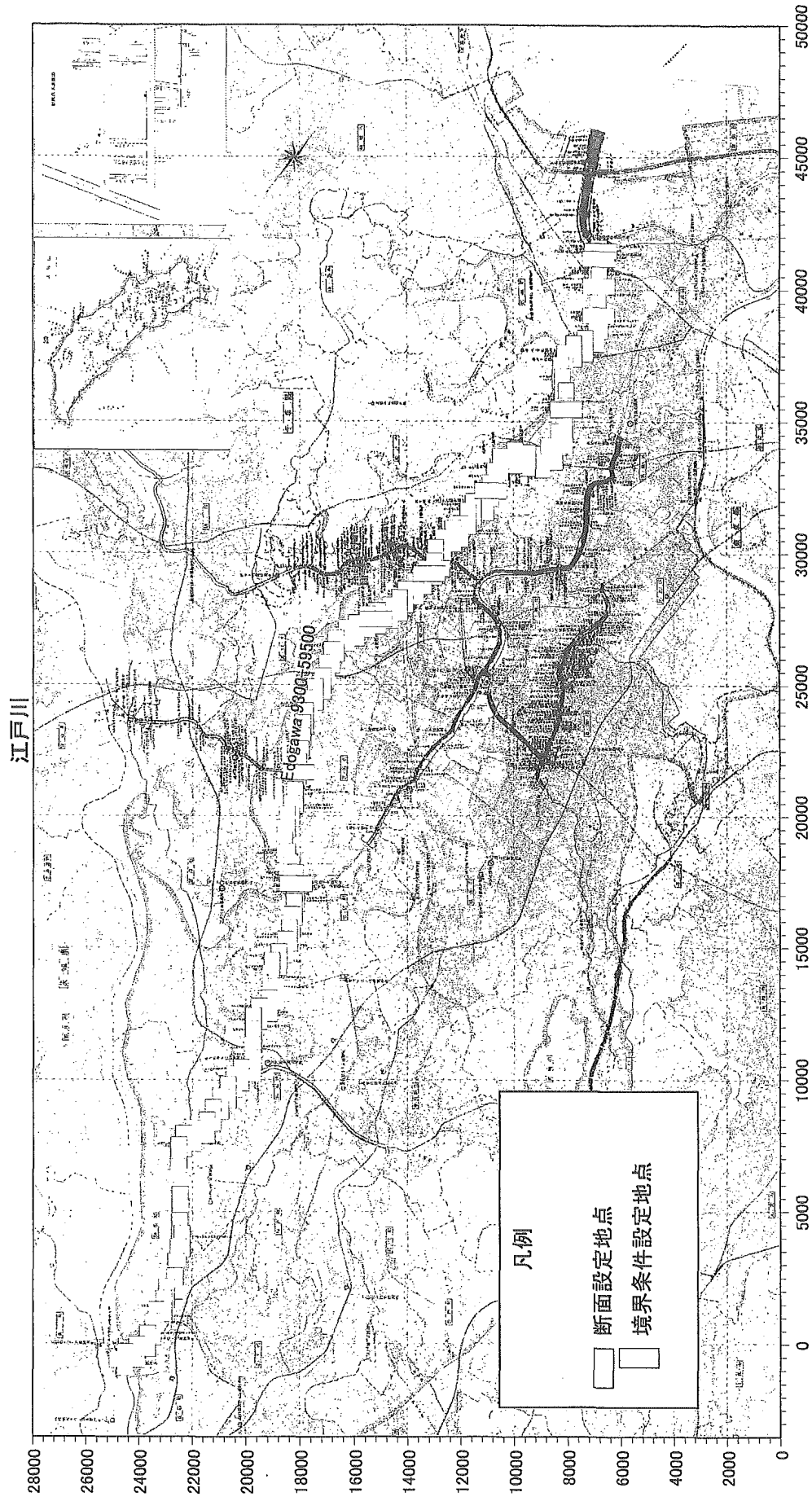


図 3.2: モデル図

3.1.2 検証結果

構築した水理モデルによる水位の再現結果を図 3.3 に示す。図 3.3 は初期値で与えた計算水位と粗度係数を変更した計算水位を示している。野田、流山の地点では粗度係数の初期設定値での計算水位は全体的に実測水位よりも低くなっている。このため、粗度係数を 0.025 から 0.030 に変更した。

野田、流山、松戸、市川における最終的な水位の再現状況は表 3.3 の通りである。松戸、市川では概ね再現できている。

野田地点では平成 14 年 9 月および 12 月の水位、また、流山では平成 14 年 12 月の水位が実測値に比較し計算値が低いが、この水位差は 5cm 程度であり、流量で評価すれば 2.5m³/s 程度と考えられる。この差は観測流量の約 5% 程度である。

横断形状の変化や低水流量観測精度、H・Q 式の設定誤差を考慮すればこの程度の流量誤差は観測データ精度の許容範囲内と考えられるため、粗度係数を n=0.030 に変えて設定した水理モデルの適合性は良好といえる。

表 3.3 検証計算結果

対象年	対象期間	流量規模	野田 (39.0k)	流山 (27.7k)	松戸 (19.5k)	市川 (14.0k)
平成 14 年	7 月 6～8 日	渇水相当	○	○	○	○
	9 月 1～3 日	低水相当	実績値に比べ 5cm 程度低い	○	○	○
	12 月 8～10 日	平水相当	実績値に比べ 5cm 程度低い	実績値に比べ 5cm 程度低い	○	○
昭和 60 年	1 月 14～16 日	渇水相当	○	○	○	○
	6 月 9～11 日	低水相当	○	○	○	○
	9 月 8～10 日	平水相当	○	○	○	○

○：再現性良好

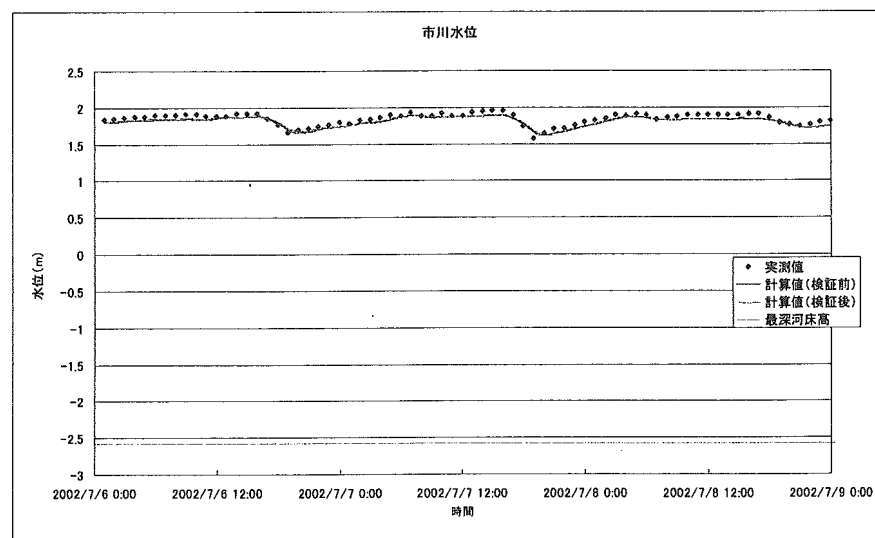
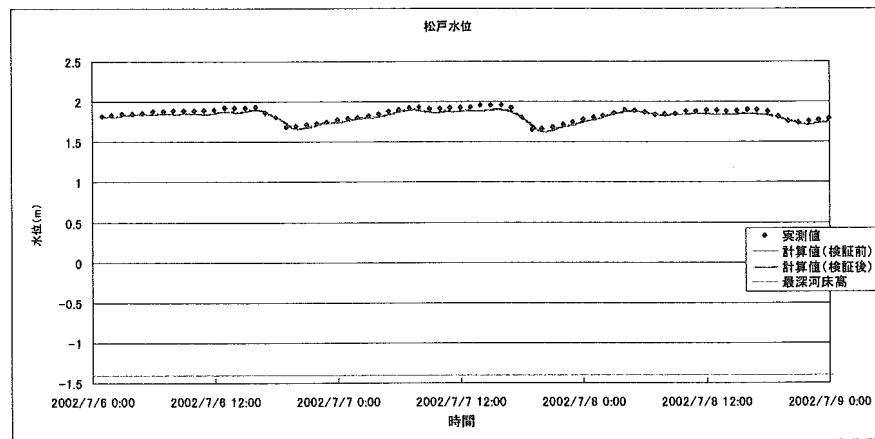
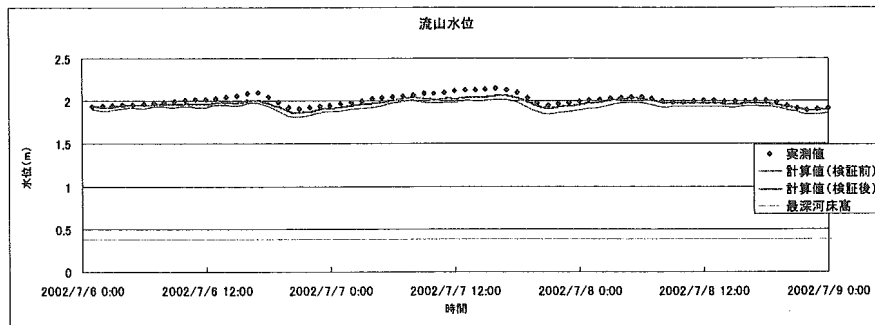
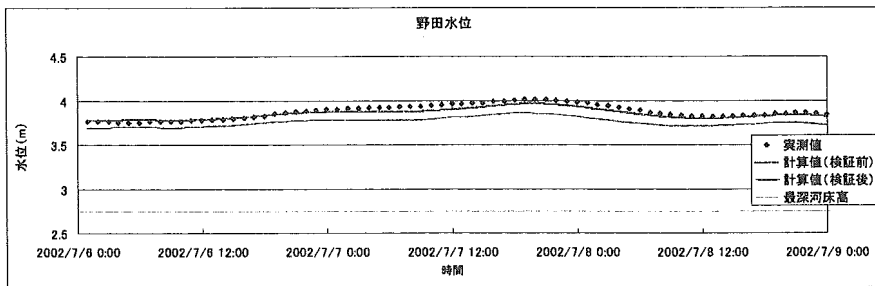


図 3.3 (1) 平成 14 年 7 月 6 日～8 日

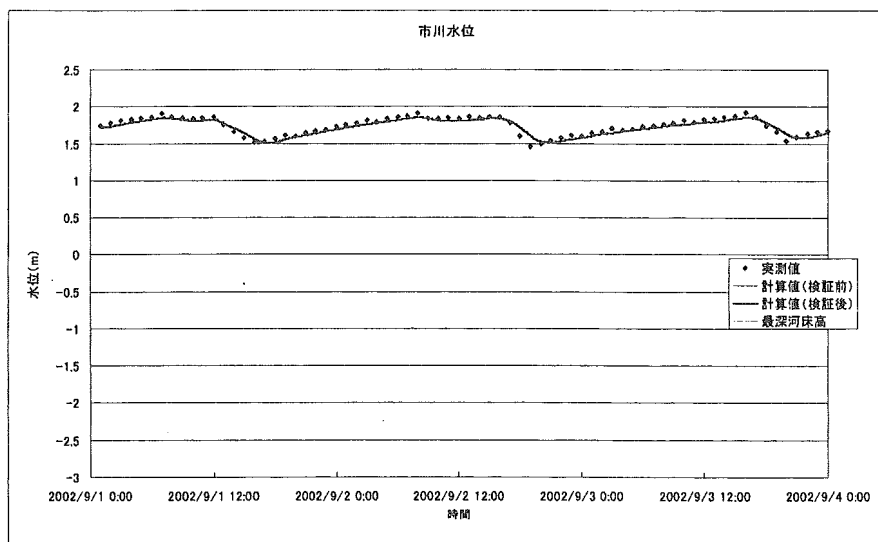
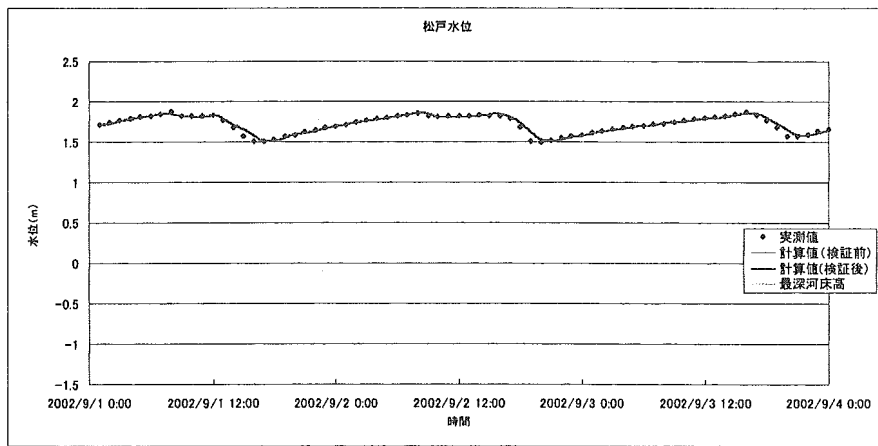
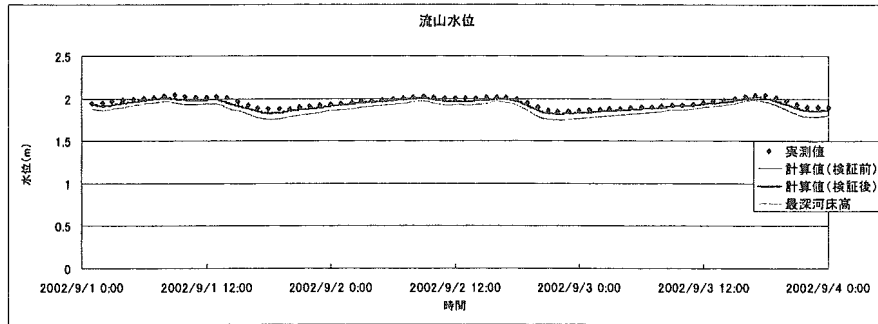
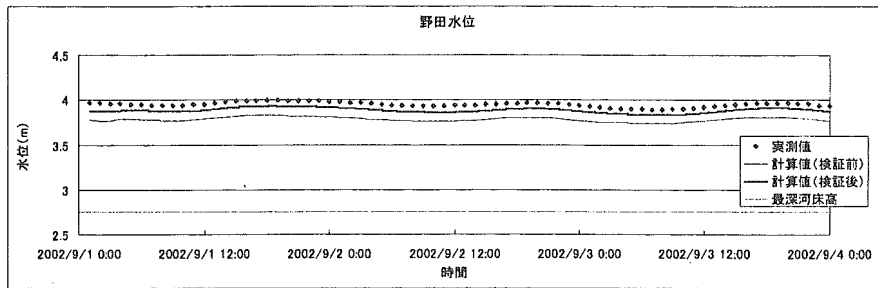


図 3.3 (2) 平成 14 年 9 月 1 日～3 日

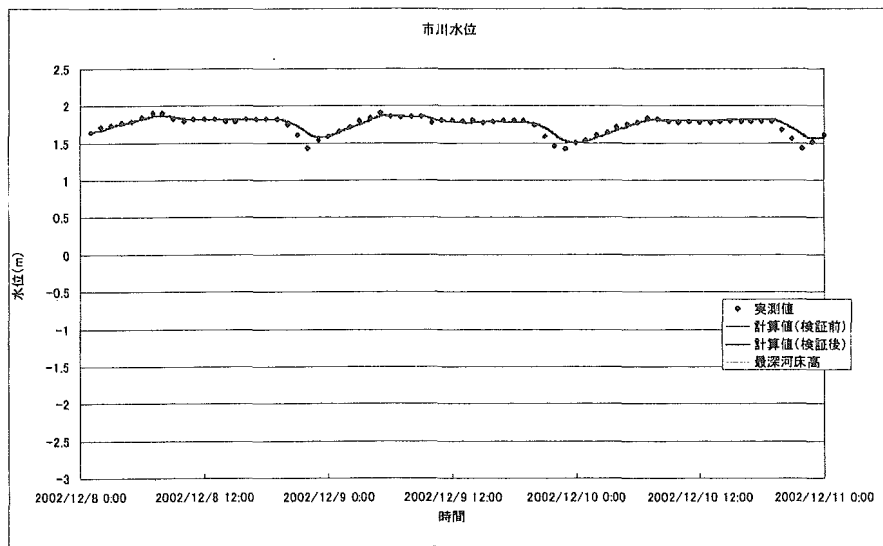
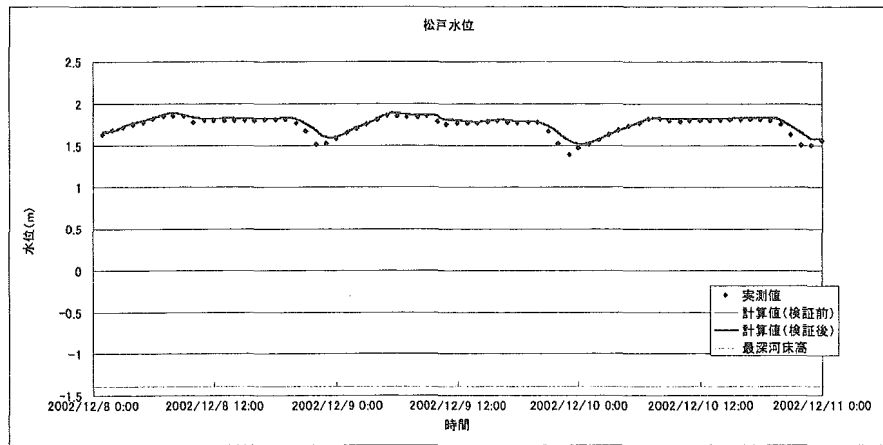
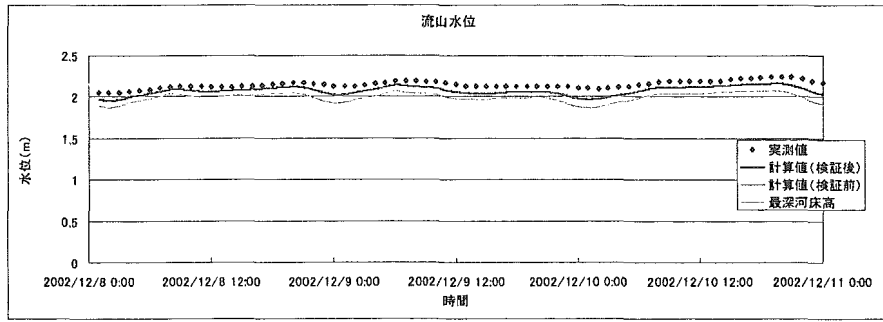
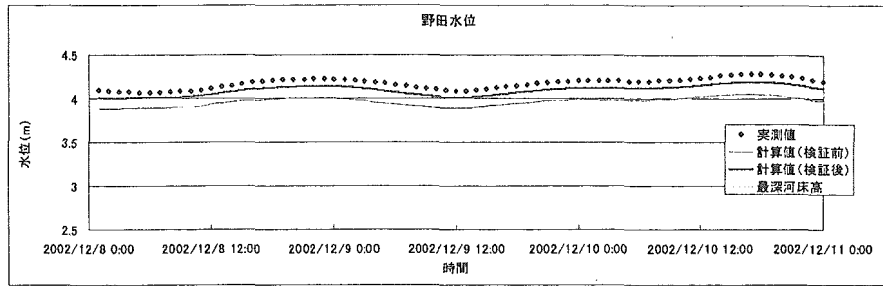


図 3.3 (3) 平成 14 年 12 月 8 日～10 日

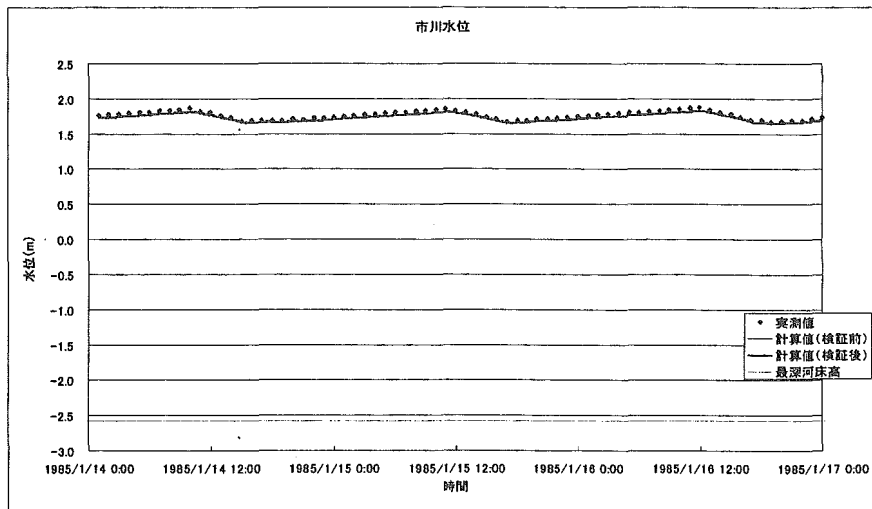
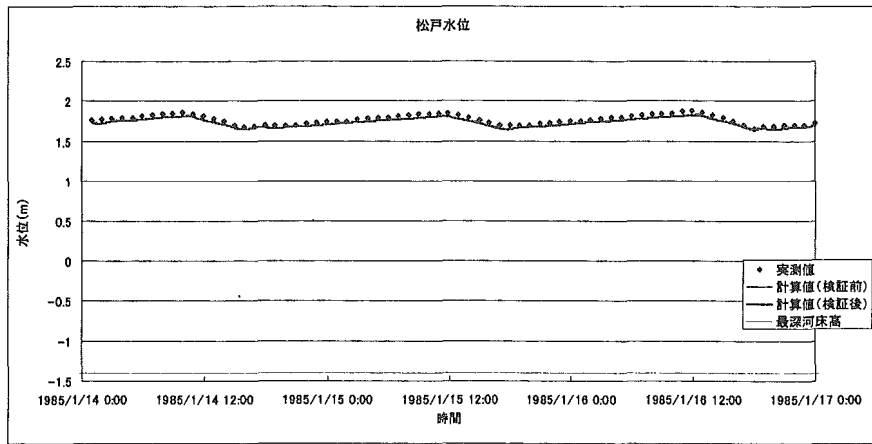
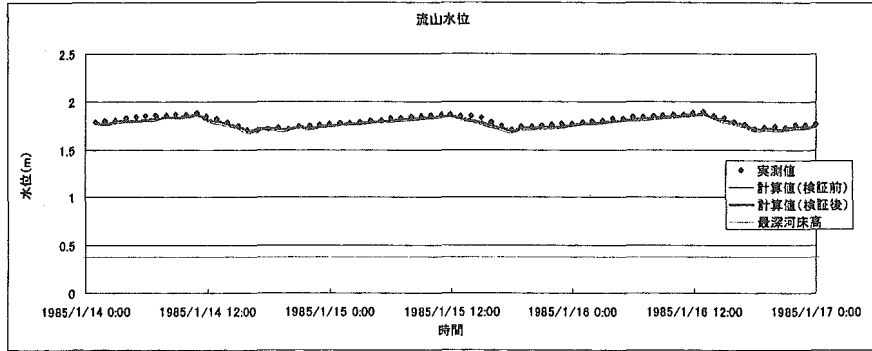
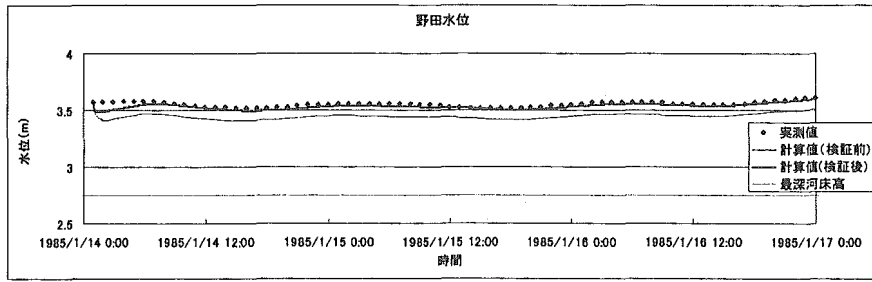


図 3.3 (4) 昭和 60 年 1 月 14 日～16 日

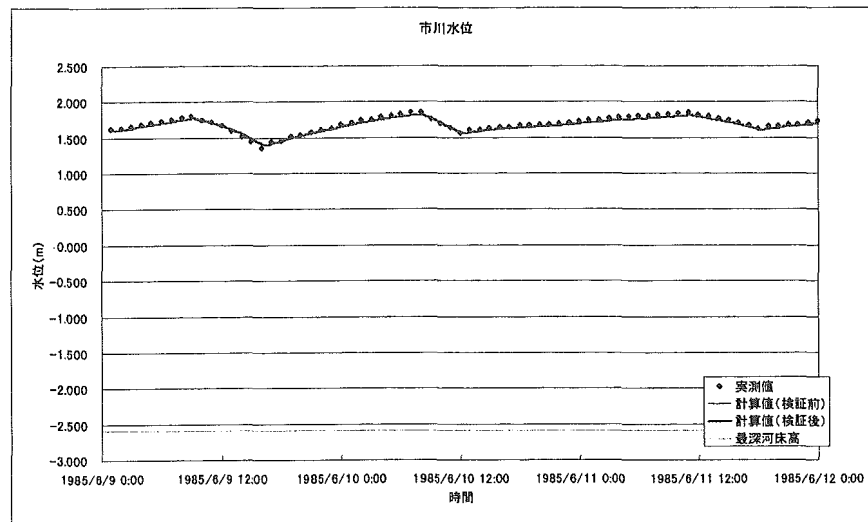
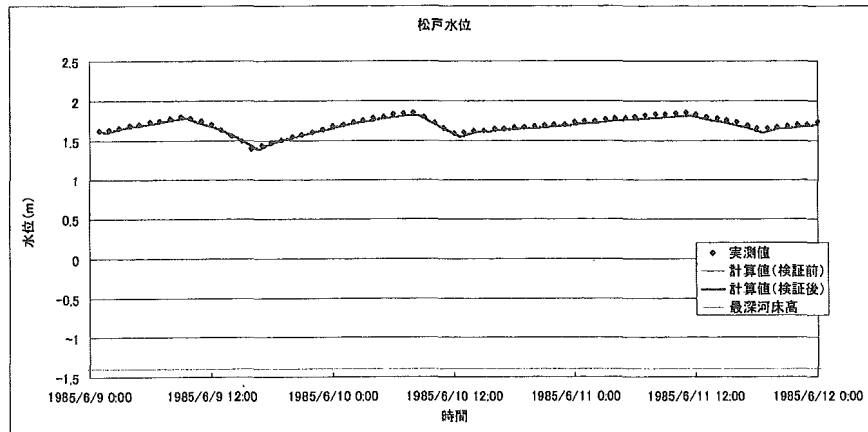
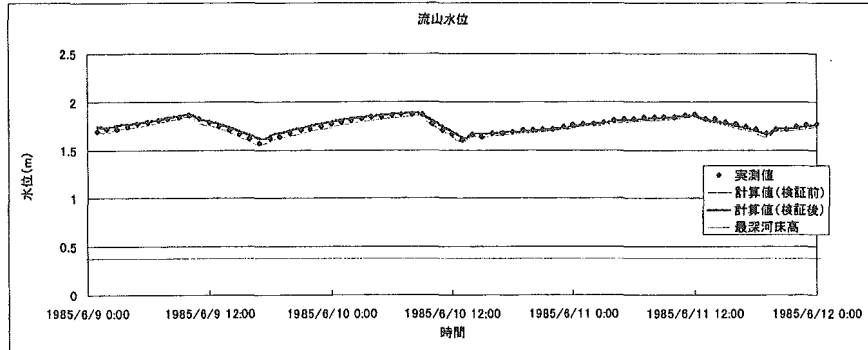
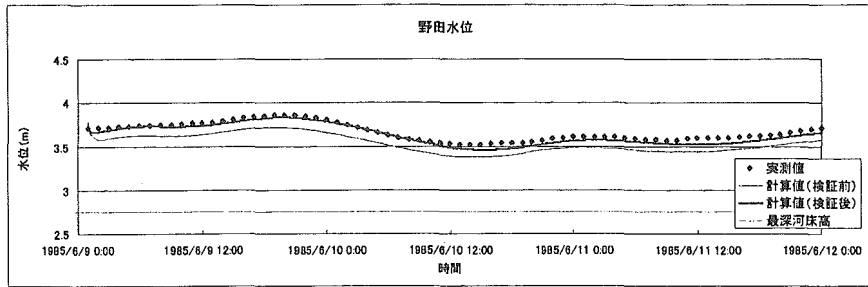


図 3.3 (5) 昭和 60 年 6 月 9 日~11 日

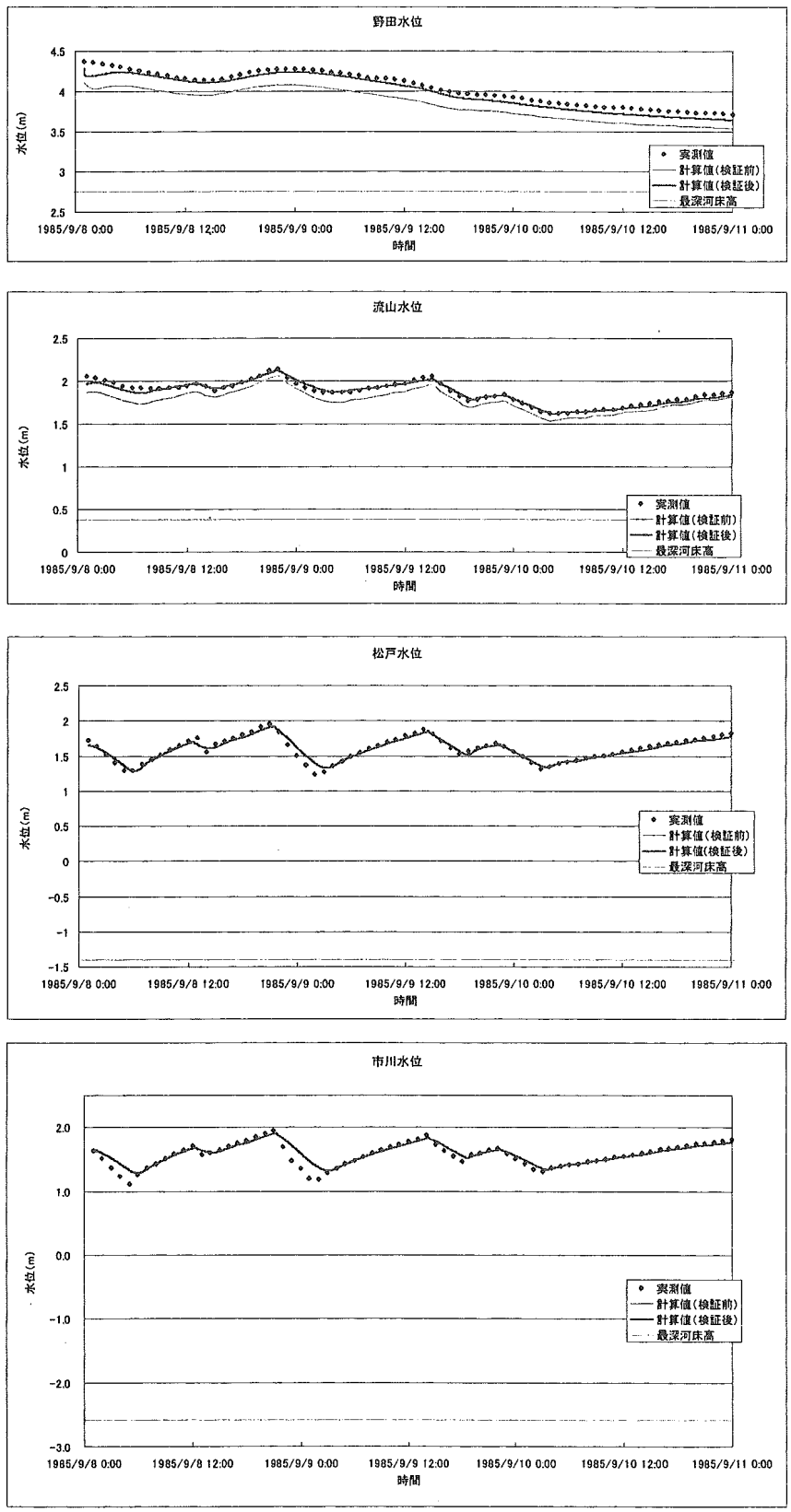


図 3.3 (6) 昭和 60 年 9 月 8 日~10 日

3.2 水質予測モデルの条件設定と検証結果

3.2.1 データの整備状況

収集した水位・流量データおよび水質データ（塩素イオン濃度）は2章に示したとおりである。

当初、予備的な調査時では昭和60年の水質データについては時刻毎時データが存在するとのことであったが、散逸や廃棄などにより毎時データが存在せず資料収集ができなかった。このため、平成14年のみの再現計算を行うこととし、収集したデータに基づき水質予測モデルの条件設定を与えた。

塩素イオン濃度が観測されていない場合には、電気導電率と塩素イオン濃度の相関から塩素イオン濃度を推定した。

その相関図は図3.4に示し、図3.5に対象期間の塩素イオン濃度の変化状況を示す。

なお、平成14年の庄和、流山、新三郷、松戸についてはすべて、電気導電率から、塩素イオン濃度を推定している。

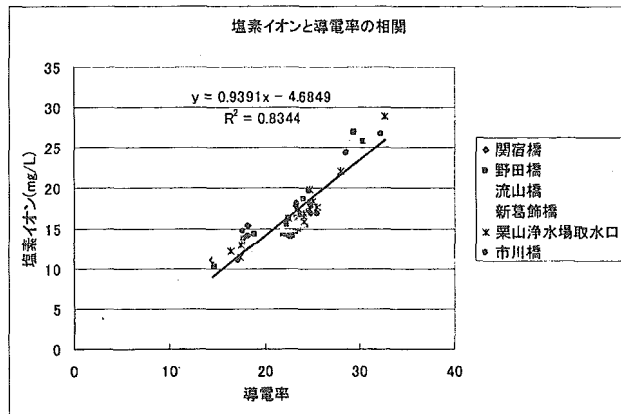


図 3.4 電気導電率・塩素イオン濃度の相関図

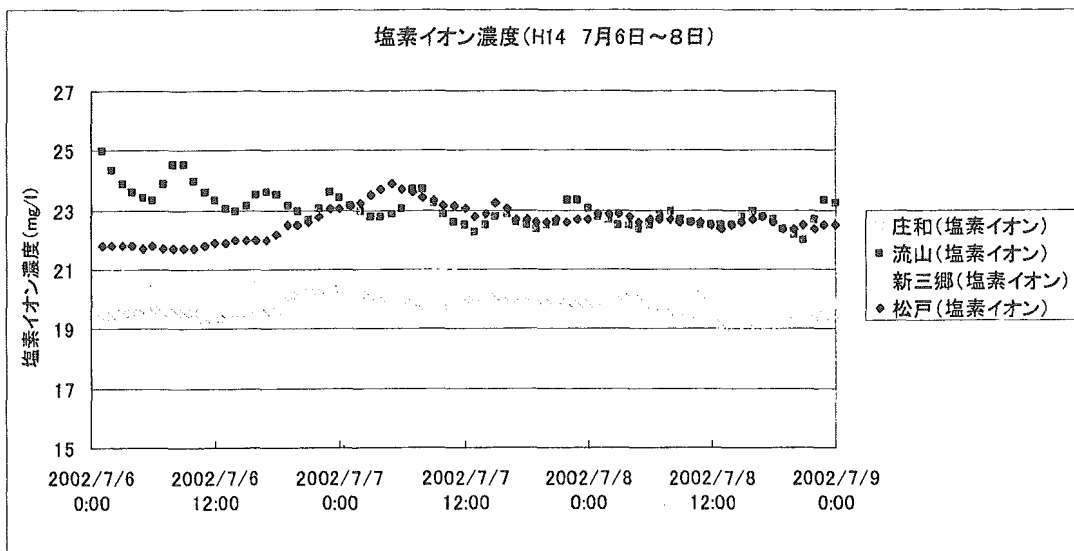


図 3.5 (1) 塩素イオン濃度の変化状況 平成14年7月6日～8日

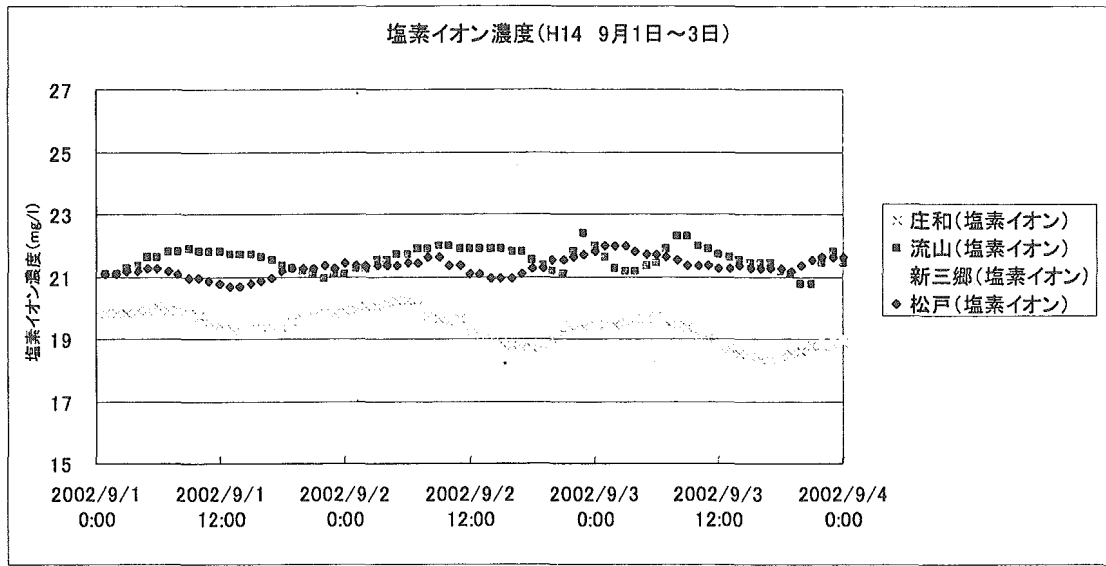


図 3.5 (2) 塩素イオン濃度の変化状況 平成 14 年 9 月 1 日～3 日

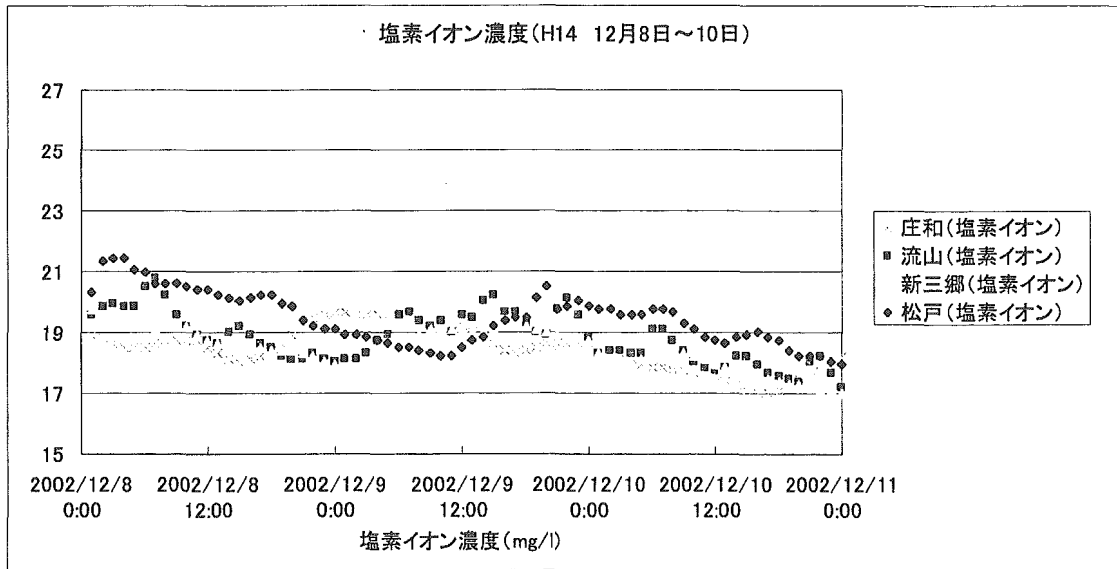


図 3.5 (3) 塩素イオン濃度の変化状況 平成 14 年 12 月 8 日～10 日

[地点別にみた相対的な濃度について]

- ・ 7月6日～8日 流山、松戸、新三郷、庄和の順に小さな値
- ・ 9月1日～4日 流山、松戸、新三郷、庄和の順に小さな値
- ・ 12月8日～10日 概ね21mg/l前後から17mg/l程度へ振幅しながら低減の傾向

これより、生活・工場排水の流入、下水処理水などの影響から庄和～流山の間で塩素イオン濃度の高い水量が流入している可能性が高いと考えられる。また、流山～新三郷間では塩素イオン濃度の希釈が認められるものの、希釈源は無い。これらの原因については、流入支川の取り扱いなど、より詳細な調査検討が必要である。

[塩素イオン濃度の変動状況について]

各地点別の変動について表3.4に整理した。

表3.4 塩素イオン濃度の変化状況

対象年	対象期間	流量規模	庄和 (43.2k)	流山 (27.5k)	新三郷 (24.5k)	松戸 (19.5k)
平成14年	7月6日～8日	濁水相当 44.45～ 55.48 m ³ /s	大きな変動はなく、19mg/Lから21mg/Lの間	1日に3回の変動パターンが認められる	流山より濃度は低い、流山の変動パターンに影響されている	明確な変動パターンはみられない。濃度は新三郷に比べ高い
	9月1日～4日	低水相当 53.46～ 56.31 m ³ /s	19mg/Lを前後に朝方ピークを向かえ夕方低減する日パターンを示しながら暫減傾向	庄和と同様な変動を21mg/L前後におよそ6時間程度後れて暫減傾向を示す。9月3日0時、11時に増減のパターンを示す。	流山より濃度は低く、同様な周期で20mg/L前後で変動。ピークの遅れは明確に現れていない。	21mg/L程度を前後して変動している。低減部分は日変動の周期で現れているが、ピーク部は明確に現れていない。
	12月8日～10日	平水相当 68.97～ 76.70 m ³ /s	9日0時をピークに日変動しながら暫減の傾向	1日に3回の変動パターンが認められる。庄和と同様な変動をおよそ8時間程度後れて示している。	流山と同程度の濃度で4時間程度後れて変動している。	新三郷と同程度の濃度で10時間程度後れて変動している。

日変動に着目すると、7月7日、12月9日の流山地点で1日3回（朝、夕、夜中）の変動パターンがみられる。流山地点では潮汐の影響は考えにくく、特に夜間の変動については生活排水パターンでの説明では疑問が残る。このため、何か別の要因による排水により夜中の塩素イオン濃度が増加していると考えられる。この変動影響は新三郷でもみられる

が、湛水区間の松戸では見られなくなる。

①流山の濃度が上下流に比較して高い。②1日3回の変動パターンが見られる。この2点について、支川排水量、排水パターンに関する変動要因の解明が行われていない現時点では、本モデルによってこれらの変動を再現することは困難である。

このため、現モデルとデータの整備状況から拡散係数同定の検証計算を行う期間、条件を次のとおり設定した。

表 3.5 拡散係数同定のための検証計算のケース

検証期間	モデルの設定
平成14年9月1日～4日	上流端水質・・・西関宿地点の水質が得られていないことから、下流側の庄和における塩素イオン濃度を時間調整し、西関宿に与える 検証地点・・・流山、松戸

3.2.2 水質予測モデルの条件設定

水質予測モデルの設定条件を表 3.6 に示す。拡散係数は一般的な値を参考に様々な値 ($0\text{m}^2/\text{s}$ ～ $1,000\text{m}^2/\text{s}$) をあたえた上で現況水質の再現状況を検討した。

表 3.6 水質予測モデルの条件設定

計算モデル	水理モデル： 一次元移流拡散計算
対象区間	江戸川本川 西関宿 ～ 江戸川水閘門上流
モデル分割間隔	500m ピッチ
計算期間	平成14年9月1日から4日
拡散係数	6 ケース設定 (0,5,20,100,200,1000 m^2/s)
減衰係数	0.0 (塩素イオンの保存性を考慮)
初期値	21mg/L (区間全般の平均的な値)
計算ステップ	1分

また、上流端から流山までの間に、江戸川への流入量のデータが存在しない支川が複数存在する(新五駄沼、五駄沼、座生、浅間下、梅郷第二、新川第二、今上落)。これら支川からの流入が流山での高い塩素イオン濃度の原因となっていると考えられる。これらの流量については、定期観測の結果などにに基づき、これらの流量をまとめてモデル上利根運河にて与えることし、利根運河からの流量を $2\text{m}^3/\text{s}$ 、塩素イオン濃度を $70\text{mg}/\text{L}$ として設定した。

3.2.3 水質予測モデルの検証結果

前述の水質予測モデルの設定条件により、拡散係数を6ケース設定した結果を図3.6に示す。これより、水質モデルの再現状況、拡散係数の感度分析について考察を加える。

(1) 水質モデルの再現状況

流山地点での塩素イオン濃度の変動は、境界条件として与えた庄和と同様な変動を21mg/Lを中心におよそ6時間程度後れで示している。3日3時および12時に数時間単位の変動が見られるが、この変動を無視すれば、拡散係数5~200m²/s程度で比較的計算値の再現性は良好である。

低減部分に着目すると4時間程度早めに計算され、また計算値が低い傾向を示している。松戸地点は拡散係数5~100m²/s程度での制度が比較的良い。時間的なずれも流山同様に見られる。

今後、塩素イオン濃度の検証精度向上を図るためには上流端水質、支川排水量や排水パターンに関する調査の充実と変動要因の解明が必要と考えられる。

一方、水質事故のように通常流下しない汚染物質を取り扱う上では、このような変動の要因は直接関係しないため、本モデルにより水質事故を対象とした予測は可能と考える。

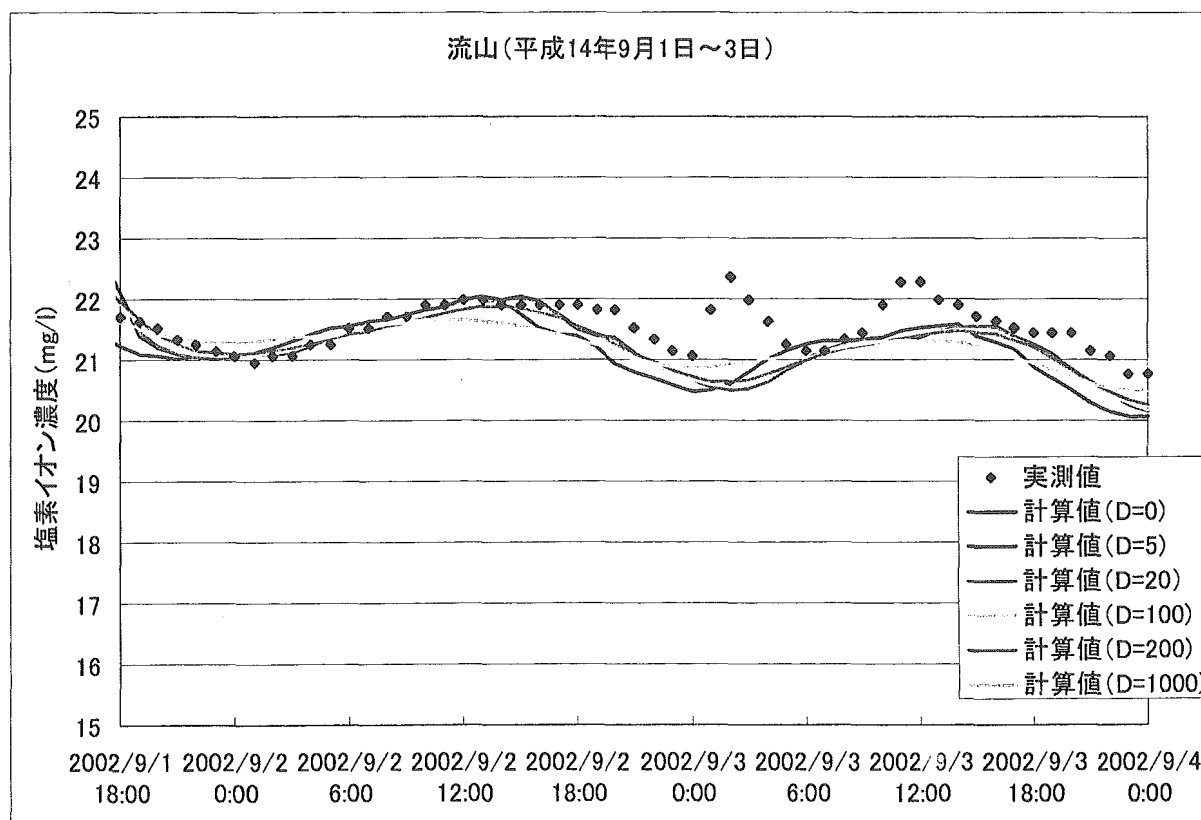


図3.6 (1) 流山における塩素イオン濃度の計算結果

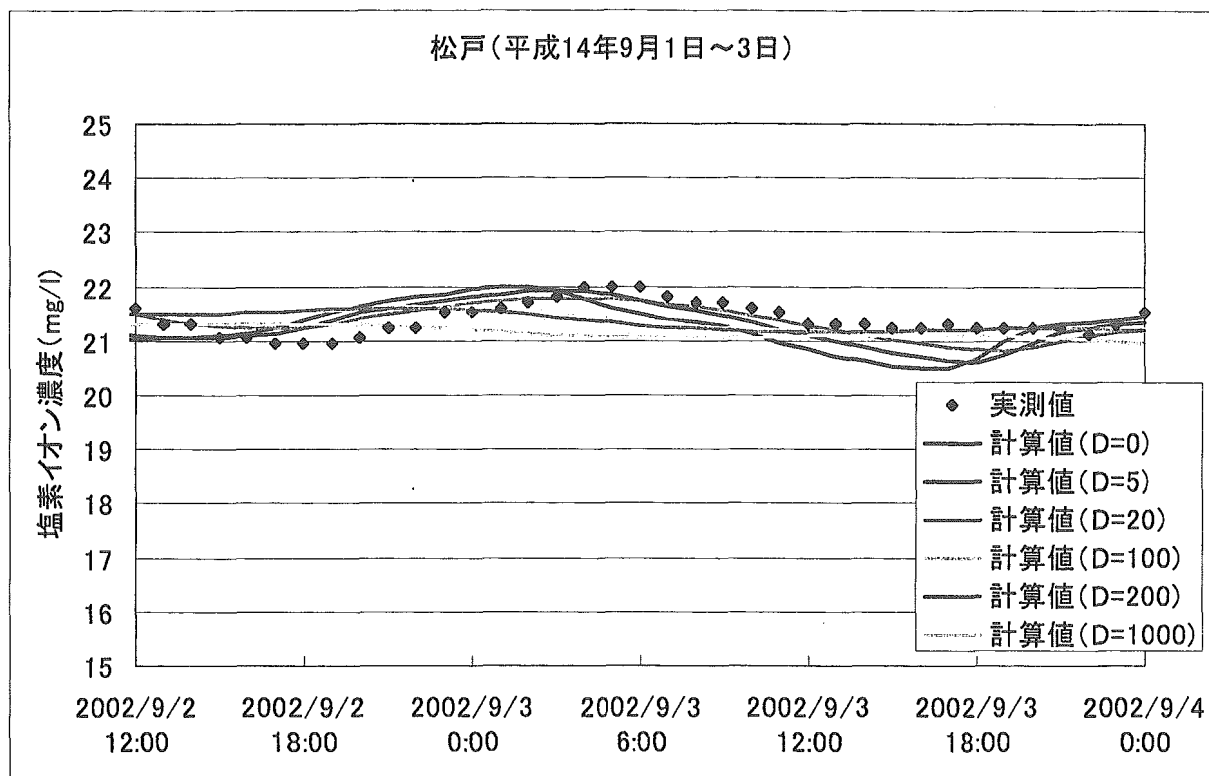


図 3.6 (2) 松戸における塩素イオン濃度の計算結果

流山における3日の3時ごろと12ごろに発生する塩素イオン濃度の変動を再現するためには、支川から流入する塩素イオン濃度を把握する必要がある。そこで、利根運河から流入する塩素イオン濃度を変動させることで、3日3時と12時に見られる水質変動の再現を試みた。拡散係数は $20\text{m}^2/\text{s}$ とした計算結果を図3.7に示す。

計算結果を見てわかるとおり、支川の水質を変動させることで、3日3時と12時に見られる水質変動は再現することができた。支川排水量や排水パターン、水質などを調査し、モデルに反映することにより、精度向上が可能であると考えられる。

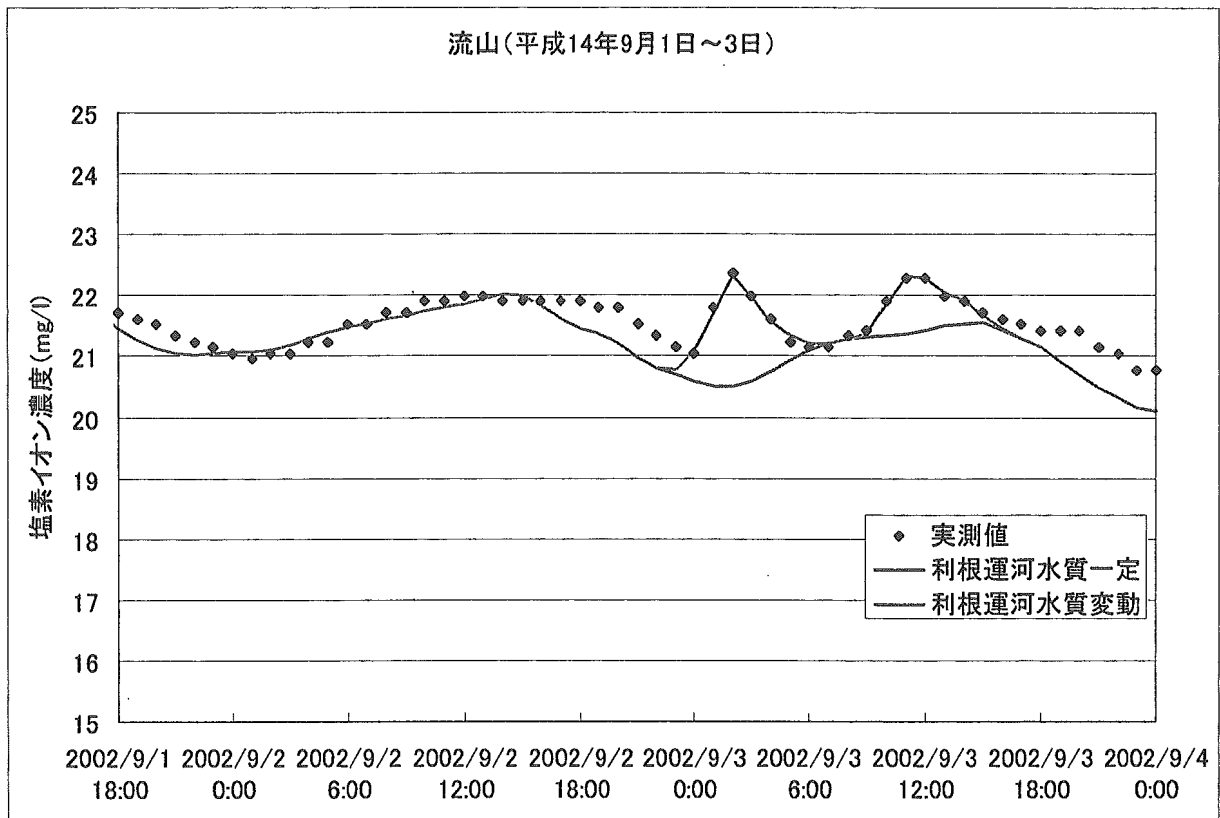


図 3.7 流山における水質計算結果 (水質変動の再現)

(2) 拡散係数について

CTI-MIKE11のマニュアルに示される拡散係数の一般的な値は河川の場合 $5\text{m}^2/\text{s} \sim 20\text{m}^2/\text{s}$ とされている。流山、松戸の実測値と計算値の周期に着目して比較すると拡散係数は $20\text{m}^2/\text{s}$ の再現性が良好と考えられる。

なお、拡散係数については、河川の流速、横断方向や鉛直方向への拡がり、対象とする物質、干潮の有無、風浪によっても変わり、また数値シミュレーションにおいては区間分割の大きさによっても異なる。このようなことから、江戸川において他の物質を扱う場合や、他の河川をモデル化する場合には、原則として本検討で実施したような再現計算により同意する必要がある。

4. シアン流出事故を想定したテストケース

4.1 想定したシアン流出条件

化学物質の流出事故としては、シアン、酸、重金属類によるものが多く発生しているが、本手引きでは、メッキ工場からのシアン流出事故を想定してテスト計算を行った。

テストケースでの設定条件は表 4.1 の通りである。

表 4.1 シアンの流出条件

	適用条件	備考
事故発生時刻	2002年9月1日 13:00~16:00	ピーク 14:00~15:00
江戸川流入地点	利根運河	34.6k 地点右岸
計算期間	2002年9月1日~3日	
汚染物質	メッキ用シアン 100mg/l が 120m ³	図 4.1 参照
拡散係数	20m ² /s	3.で同定
減衰係数	0.1/日	

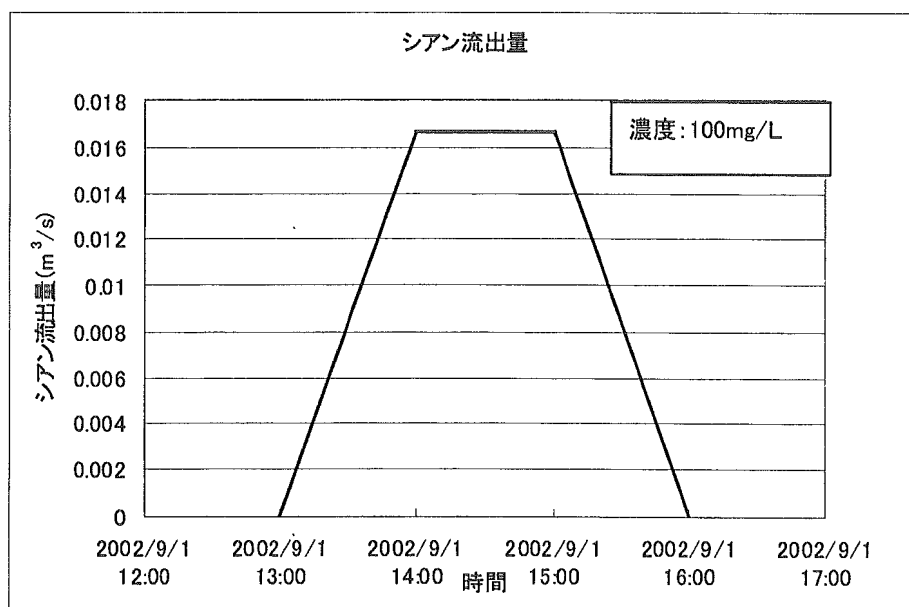


図 4.1 流入シアンの条件 (流量、濃度)

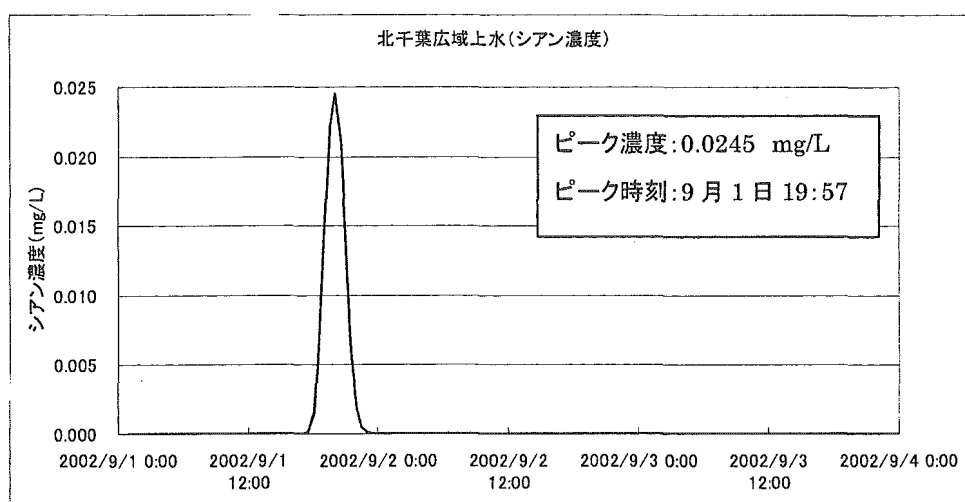
4.2 テストケースの結果

シアン流出のテストケースの計算結果を図 4.2 に示す。

水道水源水質予測では、浄水場の取水地点での汚染物質の濃度および到達時間を把握する必要があるため、図 4.2(1) では、各浄水場の取水地点付近におけるシアンの濃度の時間変化を示す。

図 4.2(1) で示すとおり、北千葉広域水道取水地点付近ではピーク時のシアン濃度が 0.025mg/L であり、下流に行くにしたがいピーク濃度が低下し、また拡散の影響でシアン濃度の波形の幅が広がっている。

北千葉広域上水付近 (24.75k)



三郷・新三郷上水付近(24.5k)

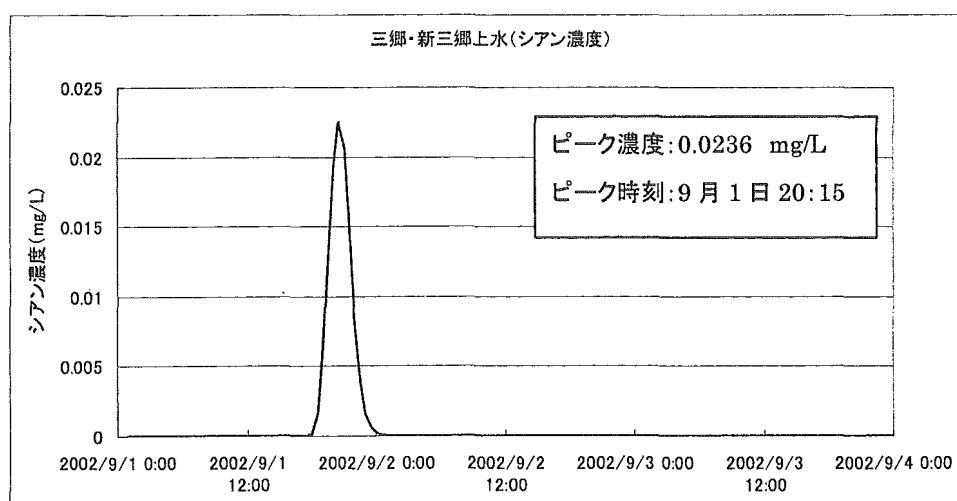
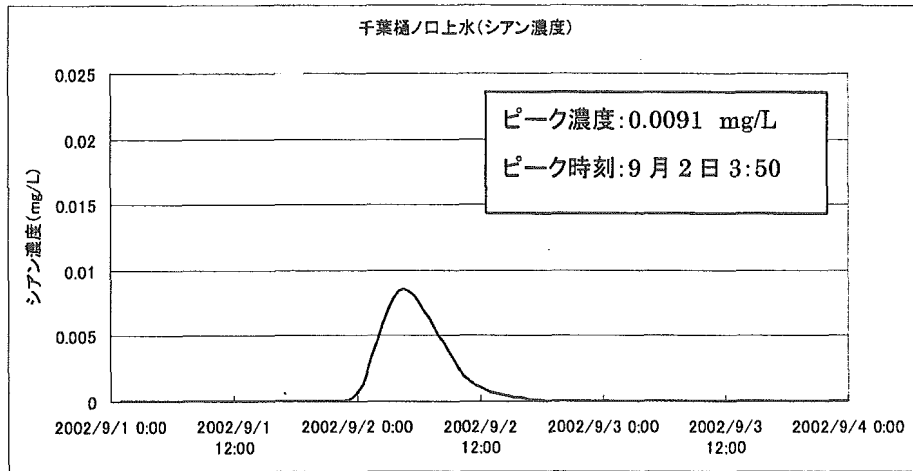
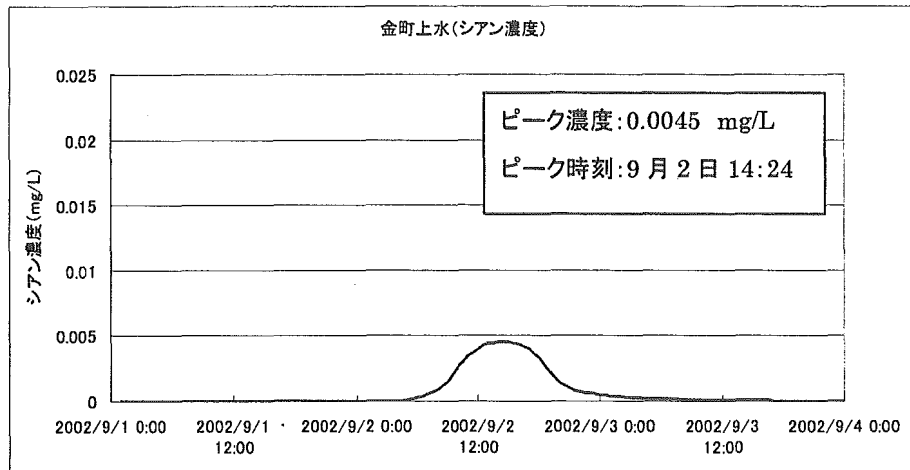


図 4.2 (1) シアン流出予測結果 (時間変化)

千葉県上水樋ノ口付近(20.5k)



金町上水付近(17.25k)



千葉上水矢切付近(15.75k)

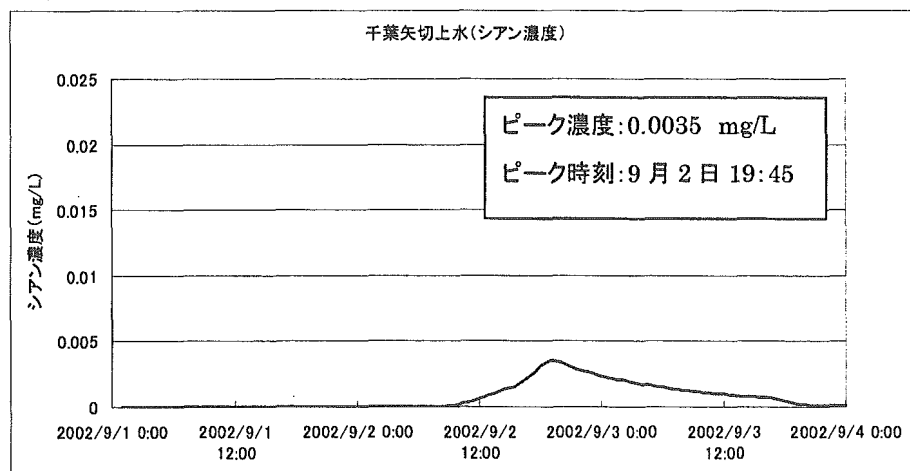


図 4.2 (1) シアン流出予測結果 (時間変化)

図 4.2 (2) では、江戸川の上流から下流までの縦断的なシアン濃度の分布を 4 時間おきに示す。9 月 1 日 16:00 の時点では、シアン流出から 4 時間が経過し、シアン濃度のピーク地点で約 28000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.028mg/L)、ピークの位置は 32k 付近まで移動する。20:00 には、濃度のピークは約 24000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.024mg/L)まで低下し、ピークの位置は 25k 付近まで移動する。24:00 になると、シアンピーク濃度は 15000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.015mg/L)まで急激に低下し、ピークの位置は 22.5k 付近にある。

このように、下流に行くに従い、シアン濃度が急速に低下するとともに、シアン濃度を示す波形の幅が狭くなっているのも認められる。これは、計算対象とした期間が貯め上げを行っている期間であり、湛水区間に入ると流速が急減するとともに、湛水区間の水と混合して希釈されること、及び流下断面が広がることと流速が小さくなることがあいまって、流下方向への拡がりよりも横断方向への拡がりが大きくなるため、水質で見た場合見かけ上分布の幅が狭まって見えることによるものである。ちなみに、負荷量収支をとってみると、流出シアン=河動内シアン+取水による除去シアン+減衰シアンとなっている。

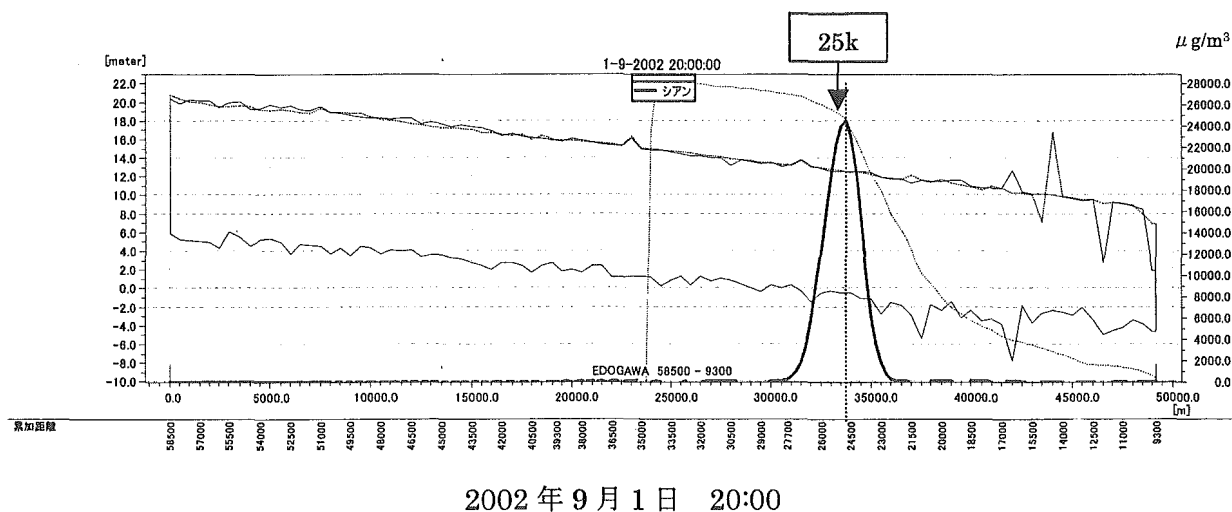
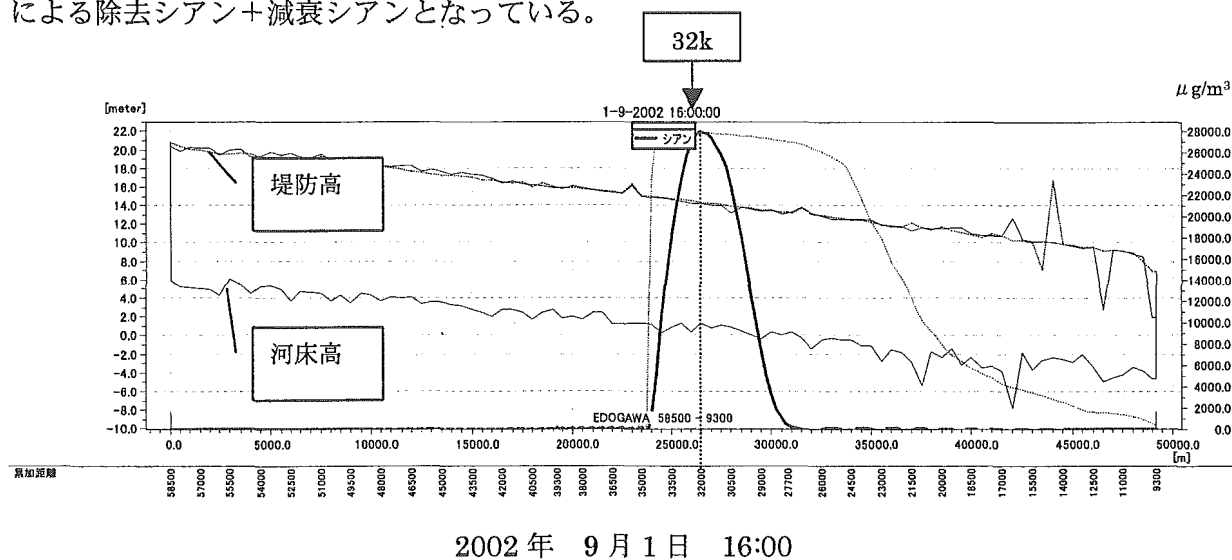


図 4.2 (2) シアン流出予測結果 (縦断変化) (青線：シアン)