

長岡技術科学大学助成研究研究報告書
県管理中小河川の洪水予測モデルに関する研究



陸 旻皎
長岡技術科学大学
2018年3月20日

目的

平成23年7月新潟・福島豪雨による五十嵐川流域での甚大な被害状況を踏まえ、迅速かつ的確に住民が避難行動できるよう、最新の知見を元に、五十嵐川の洪水予測モデルの構築と精度向上を目的とする。

内容

洪水予測は、平成23年7月新潟・福島豪雨対策検討委員会の提言にもあるよう、迅速かつ的確な避難行動を支援するために必要である一方、洪水到達時間の短い中小河川において、予測精度の向上が課題となっている。本事業では、県管理河川の特徴を考慮し、以下の5つの目標を基軸とする。

1. 降雪・積雪・融雪の予測（積雪が多い）
2. 水位観測値によるモデル実時間校正（流量観測が少ない）
3. 365日24時間の連続運転
4. Webでの予測結果閲覧
5. 簡便な実装や運用（河川数が多い）

これらを基にして、洪水予測モデルの構築を主目的とし精度向上を目指す。本報告書はこれらの基軸に沿って行った研究について述べる。

新潟県の中小河川において、十分な観測データがない中でも、AMeDASデータや国土数値情報を活用することにより、長期連続な河川流量予測に必要な蒸発能力データを整備できることや、流域地理特性から貯留関数パラメータを推定できることが示された。これらの検討の上に、モデルの実装とテストを行い、日単位では、各降雨イベントによる河川増水が精度よく再現されることが示された。また、時間単位のモデル計算でも、従来法より高い精度が得られた。より高い精度の洪水予測につながる可能性が示された。また、ダムの操作ルールや揚水施設の組み込みなど、流域内各種施設を組み込むことによってさらなる精度向上が見込まれる。

新たな技術開発として、水位観測値による河川流量の算出を行って技術的に可能であることが示された。

新潟県の中小河川の長期連続な河川流量予測の課題として、冬季の積雪と春先の融雪流出解析が不可欠である。それがいないために、本検討では毎年の夏季に対してのみ解析することとした。残雪の影響、また融雪水による流域地下水への影響が初期条件として夏季の解析精度に大きな影響を及ぼしている可能性がある。衛星データと定点カメラによる流域積雪状況の取得、そしてその降雪融雪流出モデルへの組み込みにより、長期の高精度連続運転ができるようになった。

また、精度の低い部分を確認すると、雨量、流量データの欠測などが散見された。より高精度で安定的な長期連続な河川流量予測のためには、堅牢で高精度な情報収集システムを作り上げる必要がある。もちろん、レーダー雨量等の活用も視野に入れる必要がある。

目次

第 1 章	概要	1
1.1	研究の背景	1
1.2	研究の手法	1
1.3	報告書構成	2
第 2 章	日本における洪水予測の現状の把握	5
2.1	中小河川の洪水予測に関する情報交換会	5
第 3 章	検討対象流域とデータの収集・作成	11
3.1	対象流域	11
3.2	流域分割	11
3.3	水文気象データとその取得	14
3.4	流域平均雨量の算出	15
3.4.1	雨量計重み係数の決定	15
3.4.2	流域平均雨量の計算例	16
3.5	水位から流量の算出	18
3.5.1	iRIC のセットアップ	20
3.5.2	流量の推定	22
3.5.3	結果と考察	24
3.6	AMeDAS データを用いた蒸発能力の算出	24
3.6.1	AMeDAS データを用いた時間的に連続な日射量推定手法	24
3.6.1.1	直達日射量	25
3.6.1.2	散乱日射量	25
3.6.1.3	全天日射	25
3.6.2	Penman 法による蒸発能力の推定	26
3.6.3	蒸発能力の計算結果	26
3.6.4	既往研究との比較	28
3.6.5	データの用法について	30
第 4 章	降雨流出モデルとダムモデル	31
4.1	モデルの全体像	31
4.2	XAJ3SF モデル	31
4.2.1	XAJ3SF モデルの概要	31
4.2.2	総流出量の評価	31
4.2.3	総流出量の分離	32
4.2.4	流出集中過程	33
4.2.5	河道の集中過程	34
4.2.5.1	貯留関数モデル	34
4.2.5.2	貯留関数パラメーターの推定	34

4.2.6	流域内貯水量の推定	35
4.2.7	蒸発散量の推定	38
4.2.8	モデルパラメーター	40
4.3	従来モデルとの比較	40
4.4	ダムモデル	41
4.4.1	笠堀ダム	41
4.4.2	大谷ダム	41
第 5 章	新安江モデルのパラメーターの推定	49
5.1	モデルパラメータの感度分析	49
5.1.1	モデルの適合度指標	49
5.1.2	感度分析の結果	50
5.1.3	洪水ごとの感度分析	51
5.1.4	同定された早明浦ダム流域のモデルパラメータ	51
5.1.5	同定結果および精度評価	53
5.2	笠堀ダムと大谷ダムの日単位流出解析	55
5.2.1	流出解析使用データ	55
5.2.1.1	流入量データ	55
5.2.1.2	雨量データ	55
5.2.1.3	蒸発量データ	57
5.2.2	新安江モデルパラメータの同定	57
5.2.3	新安江モデルによる流出結果	59
5.2.3.1	日データを使用した場合の流出計算結果	59
5.2.3.2	時間データを使用した場合の流出計算結果	59
第 6 章	モデルの全流域への適用	65
6.1	モデルの全体構造	65
6.2	既存モデルとの比較	65
6.2.1	ダム流入量比較	65
6.2.2	全流域への適用	65
6.3	XAJ3SF モデルの適用	68
第 7 章	積雪情報を考慮に入れた融雪流出モデルの開発	71
7.1	ルーチン水文気象データを用いた融雪流出モデル	71
7.1.1	対象領域とモデルの概要	71
7.1.2	入力データと空間分布の作成	71
7.1.3	入力データの補正	73
7.1.4	雨雪判別	73
7.1.5	降雪量補正	73
7.1.6	気温の補正	74
7.2	日射量の推定手法	74
7.2.1	アメダス日照時間によるリアルタイム日射量推定モデル	74
7.2.1.1	直達日射量	74
7.2.1.2	散乱日射量	75
7.2.1.3	全天日射量	75
7.2.2	アルベドモデル	75

7.2.3	山崎らのアルベドモデル	76
7.2.4	伊豫部らのアルベドモデル	76
7.2.5	アルベドモデルへの入力データの補間法	76
7.3	融雪モデル	77
7.3.1	小池らの融雪モデル	77
7.3.1.1	放射収支による融雪量 (M_r)	77
7.3.1.2	顕熱による融雪量 (M_d)	78
7.3.1.3	降雨による融雪量 (M_p)	78
7.3.2	太田の放射収支モデル	79
7.3.3	底面融雪 (M_b)	79
7.3.4	適用した融雪モデル	80
7.4	積雪情報の収集	80
7.4.1	対象領域	80
7.4.2	視認領域図の作成	80
7.4.2.1	視認領域作成に用いたソフトウェア及びデータ	81
7.4.2.2	視認領域図作成の計算設定	81
7.4.3	標高帯の分割	81
7.4.3.1	面積標高曲線の作成	83
7.4.3.2	面積標高曲線による標高帯の分割	83
7.4.4	衛星画像における視認領域と対象流域の積雪率の相関関係の推定	85
7.4.4.1	使用した衛星画像	85
7.4.4.2	積雪判別手法	85
7.4.4.3	視認領域及び対象領域全体での積雪率の推定	88
7.4.4.4	積雪率の相関推定	88
7.4.5	視認領域と流域全体間における積雪率の相関性	89
7.4.6	視認領域積雪率の取得	93
7.4.6.1	カシミールによる標高帯図の作成	93
7.4.6.2	カメラ写真と擬似写真の重ね合わせ	95
7.4.6.3	積雪判別の閾値設定	95
7.4.6.4	積雪率計算	95
7.5	積雪率によるフィードバック	95
7.5.1	積雪深の補正	95
7.5.2	計算積雪率が過大評価の場合	95
7.5.3	計算積雪率が過小評価の場合	96
7.6	融雪流出モデルのテスト	96
第 8 章	防災意識の向上を目指す洪水情報表示	101
第 9 章	考察と課題	103
付録 A	感度分析	109
A.1	目的・手法	109
A.1.1	使用モデルについて	109
A.1.2	使用データについて	109
A.1.3	基本となるパラメータセット	110
A.1.4	ハイドログラフの抽出方法	110

A.1.5	評価指標	110
A.2	各パラメータについて	112
A.2.1	降水量補正係数	112
A.2.1.1	パラメータ値の設定	112
A.2.1.2	ハイドログラフ	112
A.2.1.3	評価指標	113
A.2.1.4	考察	115
A.2.2	蒸発能補正係数	116
A.2.2.1	パラメータ値の設定	116
A.2.2.2	ハイドログラフ	116
A.2.2.3	評価指標	117
A.2.2.4	考察	118
A.2.3	点貯水容量の分布関数の形状パラメータ (b)	120
A.2.3.1	パラメータ値の設定	120
A.2.3.2	ハイドログラフ	120
A.2.3.3	評価指標	121
A.2.3.4	考察	122
A.2.4	流域平均最大点貯水容量 (wm)	124
A.2.4.1	パラメータ値の設定	124
A.2.4.2	ハイドログラフ	124
A.2.4.3	評価指標	125
A.2.4.4	考察	126
A.2.5	上層の最大土壌水分量 (wum)	127
A.2.5.1	パラメータ値の設定	127
A.2.5.2	ハイドログラフ	127
A.2.5.3	評価指標	128
A.2.5.4	考察	129
A.2.6	下層の最大土壌水分量 (wlm)	130
A.2.6.1	パラメータ値の設定	130
A.2.6.2	ハイドログラフ	130
A.2.6.3	評価指標	131
A.2.6.4	考察	132
A.2.7	深層の蒸発効率 (c)	133
A.2.7.1	パラメータ値の設定	133
A.2.7.2	ハイドログラフ	133
A.2.7.3	評価指標	134
A.2.7.4	考察	136
A.2.8	重力貯水容量 (sm)	136
A.2.8.1	パラメータ値の設定	136
A.2.8.2	ハイドログラフ	137
A.2.8.3	評価指標	138
A.2.8.4	考察	140
A.2.9	自由水点貯水容量の分布関数の形状パラメータ (ex)	141
A.2.9.1	パラメータ値の設定	141
A.2.9.2	ハイドログラフ	141

A.2.9.3	評価指標	142
A.2.9.4	考察	144
A.2.10	中間流出分離パラメータおよび地下水流出パラメータ (k_i+k_g)	145
A.2.10.1	パラメータ値の設定	145
A.2.10.2	ハイドログラフ	145
A.2.10.3	評価指標	146
A.2.10.4	考察	148
A.2.11	中間流出分離パラメータおよび地下水流出パラメータ (k_i/kg)	149
A.2.11.1	パラメータ値の設定	149
A.2.11.2	ハイドログラフ	149
A.2.11.3	評価指標	150
A.2.11.4	考察	152
A.2.12	中間流出減水係数パラメータ (c_i)	152
A.2.12.1	パラメータ値の設定	152
A.2.12.2	ハイドログラフ	153
A.2.12.3	評価指標	154
A.2.12.4	考察	156
A.2.13	地下水流出減水係数パラメータ (c_g)	156
A.2.13.1	パラメータ値の設定	156
A.2.13.2	ハイドログラフ	157
A.2.13.3	評価指標	158
A.2.13.4	考察	160
A.2.14	貯留関数のパラメータ (K)	160
A.2.14.1	パラメータ値の設定	160
A.2.14.2	ハイドログラフ	161
A.2.14.3	評価指標	162
A.2.14.4	考察	164
A.2.15	貯留関数のパラメータ (P)	164
A.2.15.1	パラメータ値の設定	164
A.2.15.2	ハイドログラフ	165
A.2.15.3	評価指標	166
A.2.15.4	考察	168

目次

2.1	中小河川の洪水予測に関する情報交換会資料集表紙	6
2.2	中小河川の洪水予測に関する情報交換会プログラム	7
2.3	中小河川の洪水予測に関する情報交換会参加者名簿	8
2.4	中小河川の洪水予測に関する情報交換会資料集目次	9
3.1	五十嵐川流域周辺の概略図	11
3.2	五十嵐川流域の陰影図	12
3.3	五十嵐川流域の標高図	12
3.4	五十嵐川小流域（数値地図）	13
3.5	五十嵐川小流域番号	13
3.6	ティーセン分割図	16
3.7	一新橋上流の横断面	18
3.8	一新橋付近の iRIC 解析モデル	19
3.9		19
3.10	iRIC モデルの計算結果（左：平水時；右：ピーク時）	20
3.11	上流流入流量、地点 A での iRIC 計算流量, 地点 A の Manning 式計算流量	20
3.12	地点 A での水位と川幅の関係	21
3.13	地点 A での水位と通水面積の関係	21
3.14	地点 A での水位と径深の関係	22
3.15	計算流量の比較	23
3.16	計算勾配の比較	23
3.17	10 年間における 1 日ごとの蒸発能力の推移	27
3.18	10 年間における 1 日ごとの蒸発能力平均値	27
3.19	10 年間における 10 日平均ごとの蒸発能力の推移	28
3.20	10 年間における日データ比較時	29
3.21	10 年間における日データ平均値比較時	29
3.22	10 年間における 10 日平均蒸発能力比較時	30
4.1	土壌水分点貯水容量の空間分布	32
4.2	重力水分点貯水容量の空間分布	33
4.3	時刻と流域内貯水量の関係	39
4.4	従来モデルと XAJ 3 SF モデルの比較	39
5.1	水収支誤差 Q_{err} の範囲	50
5.2	Nash の効率係数 E (時間) の範囲	50
5.3	Nash の効率係数 E (日) の範囲	51
5.4	Nash の効率係数 E (月) の範囲	51
5.5	大規模の洪水イベント	53
5.6	2004 年から 2008 年までのダム流入量の推定結果	54

5.7	笠堀ダム、大谷ダム流域の流域界	56
5.8	笠堀ダム流域のティーセン分割	56
5.9	大谷ダム流域のティーセン分割	57
5.10	日データを使用した場合の笠堀ダム流域における日流出計算結果	60
5.11	日データを使用した場合の大谷ダム流域における日流出計算結果	61
5.12	笠堀ダム流域における時間流出計算結果のまとめ	62
5.13	大谷ダム流域における時間流出計算結果のまとめ	63
6.1	五十嵐川のモデル構成図	66
6.2	笠堀ダム流入量	67
6.3	大谷ダム流入量	67
6.4	一新橋基準点-流出量	68
6.5	XAJ3SF モデルによる笠堀ダム流入量	69
6.6	XAJ3SF モデルによる大谷ダム流入量	69
6.7	XAJ3SF モデルによる一新橋基準点流量	70
7.1	モデルのフローチャート	72
7.2	降水の形態と地上気温の関係	73
7.3	五十嵐川流域の流域図	81
7.4	カシミールにより作成した視認領域図	82
7.5	NK-GIAS により作成した流域界	83
7.6	大谷ダム及び笠堀ダム流域の面積標高曲線	84
7.7	Landsat Look Viewer のスクリーンショット	86
7.8	QGIS にて作成した格子点	88
7.9	標高帯 1 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	89
7.10	標高帯 2 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	90
7.11	標高帯 3 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	90
7.12	標高帯 4 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	90
7.13	標高帯 5 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	91
7.14	標高帯 6 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	91
7.15	標高帯 7 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	91
7.16	標高帯 8 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	92
7.17	標高帯 9 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	92
7.18	標高帯 10 における積雪率の散布図 (左: 標高分割, 右: 面積分割)	92
7.19	標高から作成された笠堀ダムサイトから見た擬似写真	93
7.20	カメラ写真と擬似写真の重ね合わせ	93
7.21	積雪域の判別の閾値設定	94
7.22	非積雪域の判別の閾値設定	94
7.23	積雪率計算	94
7.24	モデルでの計算値 (融雪量+降雨) と実測流入量	97
7.25	放射収支による融雪能及び顕熱による融雪能	97
7.26	衛星画像での積雪率とモデルでの積雪率	98
7.27	補正を行った融雪量の計算結果	98
7.28	補正を行った積雪率の変化	99
8.1	防災意識向上を意識した洪水情報提供ホームページ例	102

A.1 早明浦ダム流域概略図	110
A.2 大規模の洪水イベント	113
A.3 中規模の洪水イベント	113
A.4 小規模の洪水イベント	113
A.5 水収支誤差 Q_{err}	114
A.7 Nash の効率係数 (日)	115
A.8 Nash の効率係数 (月)	115
A.9 大規模イベント	117
A.10 中規模イベント	117
A.11 小規模イベント	117
A.6 Nash の効率係数 (時間)	119
A.12 水収支誤差 Q_{err}	119
A.13 Nash の効率係数 (時間)	119
A.14 Nash の効率係数 (日)	119
A.15 Nash の効率係数 (月)	119
A.16 大規模イベント	121
A.17 中規模イベント	121
A.18 小規模イベント	121
A.19 水収支誤差 Q_{err}	122
A.20 Nash の効率係数 (時間)	123
A.21 Nash の効率係数 (日)	123
A.22 Nash の効率係数 (月)	123
A.23 大規模イベント	125
A.24 中規模イベント	125
A.25 小規模イベント	125
A.26 水収支誤差 Q_{err}	126
A.27 Nash の効率係数 (時間)	127
A.28 Nash の効率係数 (日)	127
A.29 Nash の効率係数 (月)	127
A.30 大規模イベント	128
A.31 中規模イベント	128
A.32 小規模イベント	128
A.33 水収支誤差 Q_{err}	129
A.34 Nash の効率係数 (時間)	130
A.35 Nash の効率係数 (日)	130
A.36 Nash の効率係数 (月)	130
A.37 大規模イベント	131
A.38 中規模イベント	131
A.39 小規模イベント	131
A.40 水収支誤差 Q_{err}	132
A.41 Nash の効率係数 (時間)	133
A.42 Nash の効率係数 (日)	133
A.43 Nash の効率係数 (月)	133
A.44 大規模イベント	134
A.45 中規模イベント	134

A.46 小規模イベント	134
A.47 水収支誤差 Q_{err}	135
A.48 Nash の効率係数 (時間)	136
A.49 Nash の効率係数 (日)	136
A.50 Nash の効率係数 (月)	136
A.51 大規模イベント	138
A.52 中規模イベント	138
A.53 小規模イベント	138
A.54 水収支誤差 Q_{err}	139
A.55 Nash の効率係数 (時間)	140
A.56 Nash の効率係数 (日)	140
A.57 Nash の効率係数 (月)	140
A.58 大規模イベント	142
A.59 中規模イベント	142
A.60 小規模イベント	142
A.61 水収支誤差 Q_{err}	143
A.62 Nash の効率係数 (時間)	144
A.63 Nash の効率係数 (日)	144
A.64 Nash の効率係数 (月)	144
A.65 大規模イベント	146
A.66 中規模イベント	146
A.67 小規模イベント	146
A.68 水収支誤差 Q_{err}	147
A.69 Nash の効率係数 (時間)	148
A.70 Nash の効率係数 (日)	148
A.71 Nash の効率係数 (月)	148
A.72 大規模イベント	150
A.73 中規模イベント	150
A.74 小規模イベント	150
A.75 水収支誤差 Q_{err}	151
A.76 Nash の効率係数 (時間)	152
A.77 Nash の効率係数 (日)	152
A.78 Nash の効率係数 (月)	152
A.79 大規模イベント	154
A.80 中規模イベント	154
A.81 小規模イベント	154
A.82 水収支誤差 Q_{err}	155
A.83 Nash の効率係数 (時間)	156
A.84 Nash の効率係数 (日)	156
A.85 Nash の効率係数 (月)	156
A.86 大規模イベント	158
A.87 中規模イベント	158
A.88 小規模イベント	158
A.89 水収支誤差 Q_{err}	159
A.90 Nash の効率係数 (時間)	160

A.91 Nash の効率係数 (日)	160
A.92 Nash の効率係数 (月)	160
A.93 大規模イベント	162
A.94 中規模イベント	162
A.95 小規模イベント	162
A.96 水収支誤差 Q_{err}	163
A.97 Nash の効率係数 (時間)	164
A.98 Nash の効率係数 (日)	164
A.99 Nash の効率係数 (月)	164
A.100大規模イベント	166
A.101中規模イベント	166
A.102小規模イベント	166
A.103水収支誤差 Q_{err}	167
A.104Nash の効率係数 (時間)	168
A.105Nash の効率係数 (日)	168
A.106Nash の効率係数 (月)	168

表目次

3.1	五十嵐川 小流域詳細	14
3.2	五十嵐川流域内外の水文気象観測	15
3.3	ティーセン係数	17
3.4	五十嵐川雨量	17
4.1	利根川経験式パラメータ設定	35
4.2	リザーブ法パラメータ設定	36
4.3	本研究室パラメータ設定	37
4.4	基準となるパラメータセット	40
4.5	笠堀ダム H-V・H-Q テーブル	42
4.6	笠堀ダム H-V・H-Q テーブル	43
4.7	笠堀ダム H-V・H-Q テーブル	44
4.8	大谷ダム H-V・H-Q テーブル	45
4.9	大谷ダム H-V・H-Q テーブル	46
4.10	大谷ダム H-V・H-Q テーブル	47
5.1	同定したパラメータセット	52
5.2	水収支誤差 Q_{err} と Nash の効率係数 E	55
5.3	笠堀ダム流域のティーセン係数	57
5.4	大谷ダムのティーセン係数	57
5.5	笠堀ダムと大谷ダムの流入量データについて	58
5.7	各ケースごとの WU, WL, WD の値	58
5.6	新安江モデルのパラメータ	58
5.8	日データを使用した場合の NS 係数まとめ	59
5.9	時間データを使用した場合の NS 係数	59
7.1	入力データの一覧	72
7.2	標高帯の諸元 (標高分割)	84
7.3	標高帯の諸元 (面積分割)	85
7.4	TM センサの諸元	86
7.5	ETM+ センサの諸元	86
7.6	OLI センサの諸元	86
7.7	使用した衛星画像の諸元	87
7.8	積雪情報の分類法	89
7.9	積雪率の相関係数	89
A.1	基準となるパラメータセット	111
A.2	各年の実測値および計算値	111
A.3	降水量補正係数の値	112

A.4	水収支誤差 Q_{err}	114
A.5	Nash の効率係数 (時間)	114
A.6	Nash の効率係数 (日)	114
A.7	Nash の効率係数 (月)	114
A.8	蒸発能補正係数の値	116
A.9	水収支誤差 Q_{err}	118
A.10	Nash の効率係数 (時間)	118
A.11	Nash の効率係数 (日)	118
A.12	Nash の効率係数 (月)	118
A.13	点貯水容量の分布関数の形状パラメータ (b) の値	120
A.14	水収支誤差 Q_{err}	122
A.15	Nash の効率係数 (時間)	122
A.16	Nash の効率係数 (日)	122
A.17	Nash の効率係数 (月)	122
A.18	流域平均最大点貯水容量 (wm) の値	124
A.19	水収支誤差 Q_{err}	126
A.20	Nash の効率係数 (時間)	126
A.21	Nash の効率係数 (日)	126
A.22	Nash の効率係数 (月)	126
A.23	上層の最大土壌水分量 (wum) の値	128
A.24	水収支誤差 Q_{err}	129
A.25	Nash の効率係数 (時間)	129
A.26	Nash の効率係数 (日)	129
A.27	Nash の効率係数 (月)	129
A.28	下層の最大土壌水分量 (wlm) の値	131
A.29	水収支誤差 Q_{err}	132
A.30	Nash の効率係数 (時間)	132
A.31	Nash の効率係数 (日)	132
A.32	Nash の効率係数 (月)	132
A.33	深層の蒸発効率 (c) の値	134
A.34	水収支誤差 Q_{err}	135
A.35	Nash の効率係数 (時間)	135
A.36	Nash の効率係数 (日)	135
A.37	Nash の効率係数 (月)	135
A.38	重力貯水容量 (sm) の値	136
A.39	水収支誤差 Q_{err}	139
A.40	Nash の効率係数 (時間)	139
A.41	Nash の効率係数 (日)	139
A.42	Nash の効率係数 (月)	139
A.43	自由水点貯水容量の分布関数の形状パラメータ (ex) の値	141
A.44	水収支誤差 Q_{err}	143
A.45	Nash の効率係数 (時間)	143
A.46	Nash の効率係数 (日)	143
A.47	Nash の効率係数 (月)	143
A.48	ki+kg の値	145

A.49 水収支誤差 Q_{err}	147
A.50 Nash の効率係数 (時間)	147
A.51 Nash の効率係数 (日)	147
A.52 Nash の効率係数 (月)	147
A.53 ki/kg の値	149
A.54 水収支誤差 Q_{err}	151
A.55 Nash の効率係数 (時間)	151
A.56 Nash の効率係数 (日)	151
A.57 Nash の効率係数 (月)	151
A.58 中間流出減水係数パラメータ (c_i) の値	153
A.59 水収支誤差 Q_{err}	155
A.60 Nash の効率係数 (時間)	155
A.61 Nash の効率係数 (日)	155
A.62 Nash の効率係数 (月)	155
A.63 地下水流出減水係数パラメータ (c_g) の値	157
A.64 水収支誤差 Q_{err}	159
A.65 Nash の効率係数 (時間)	159
A.66 Nash の効率係数 (日)	159
A.67 Nash の効率係数 (月)	159
A.68 貯留関数のパラメータ (K) の値	161
A.69 水収支誤差 Q_{err}	163
A.70 Nash の効率係数 (時間)	163
A.71 Nash の効率係数 (日)	163
A.72 Nash の効率係数 (月)	163
A.73 貯留関数のパラメータ (P) の値	165
A.74 水収支誤差 Q_{err}	167
A.75 Nash の効率係数 (時間)	167
A.76 Nash の効率係数 (日)	167
A.77 Nash の効率係数 (月)	167

