

平成 18 年度 卒業論文

霞ヶ浦流域の水収支と土地利用との関係

筑波大学第一学群自然科学類

地球科学主専攻

200310439

山田景子

2007 年 1 月

目次

Abstract	iii
表目次	v
図目次	vi
1. はじめに	1
2. 方法	2
2.1 研究地域	
2.2 研究方法	
2.3 データ	
(1)降水量（時間降水量）	
(2)水位・流量	
(3)土地利用	
(4)地形	
(5)地質	
2.4 データ処理	
(1)霞ヶ浦流域の支流域	
(2)土地利用	
(3)地形	
(4)地質	
(5)雨量	
(6)流量	
(7)蒸発量	
(8)流出率	
3. 結果・考察	9
3.1 水収支	
3.2 土地利用	

3.3	地形	
3.4	地質	
3.5	雨量	
3.6	流量	
3.7	蒸発量	
3.8	土地利用・地形・地質と水文量の関係	
4.	まとめ	16
5.	謝辞	17
6.	参考文献	18

Abstract

The water balance of Kasumigaura basin has been studied in Muraoka (1981) in Kasumigaura Environmental Science Center (2006), and in Tase (1994), while river flow characteristics were given in Yabusaki et al. (2006). Yamaguchi (2004) estimated quantity of evaporation from Kasumigaura basin. However, there are few studies on the water balance of the subbasins of Kasumigaura basin. Kasumigaura basin consists of "a mountainous region", "level ground region", "suburban area" and "natural area with forest and farmland". In this study, the water balance of the Kasumigaura subbasins was first determined, and then the relations between the water balance and the land use of a basin, the topography, and a geological feature were considered.

The data used in this study include those measured and compiled by Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Meteorological Agency, Ibaraki Prefectural office, Kasumigaura Water Research Station, Terrestrial Environment Research Center University of Tsukuba, Yabusaki et al. (2006). The water balance of seven main river basins of Kasumigaura (i.e., Sonobegawa basin, Onogawa basin, Sakuragawa basin, Tomoegawa basin, Seimeigawa basin, Hokotagawa basin, and Koiseigawa basin) and of the whole Kasumigaura basin were determined. The proportion of the land use, a balance of the topographic characteristics, and the proportion of the geology within each subbasin were then compared with the water balance components by a multiple regression analysis. As a result, it was found that there are difference of 150 (mm/ year) of precipitation, 330 (mm/ year) of specific discharge, 290 (mm/ year) of evaporation among seven basins. Relation between water balance and land use, topography, and geological features was not

clear for annual specific discharge, 355-day discharge but clear relation was found for annual rainfall, annual evaporation, annual runoff coefficient, 5-day discharge, 95-day discharge, 185-day discharge, 275-day discharge.

キーワード

霞ヶ浦流域、支流域、水収支、霞ヶ浦流域の土地利用、霞ヶ浦流域の地形、霞ヶ浦流域の地質、重回帰分析

表目次

表 1	土地利用分類	20
表 2	園部川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位	21
表 3	小野川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位	21
表 4	桜川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位	22
表 5	巴川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位	22
表 6	清明川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位	23
表 7	鉾田川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位	23
表 8	恋瀬川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位	24
表 9	園部川流域の水収支	24
表 10	小野川流域の水収支	25
表 11	桜川流域の水収支	25
表 12	巴川流域の水収支	26
表 13	清明川流域の水収支	26
表 14	鉾田川流域の水収支	27
表 15	恋瀬川流域の水収支	27
表 16	流域平均雨量の算出方法の比較	28
表 17	霞ヶ浦流域の土地利用・地形・地質と水文量の関係	29

図目次

図 1	霞ヶ浦流域雨量観測所	30
図 2	霞ヶ浦流域流量観測所	30
図 3	霞ヶ浦支流	31
図 4	各流量観測点よりも上流の霞ヶ浦支流	31
図 5	園部川流域の雨量と流量の関係 (1998)	32
図 6	鉾田川流域の雨量と流量の関係 (1998)	32
図 7	霞ヶ浦支流の 8 年平均年積算雨量	33
図 8	霞ヶ浦支流の 8 年平均年積算比流量	33
図 9	霞ヶ浦支流の 8 年平均洪水比流量	34
図 10	霞ヶ浦支流の 8 年平均豊水比流量	34
図 11	霞ヶ浦支流の 8 年平均平水比流量	35
図 12	霞ヶ浦支流の 8 年平均低水比流量	35
図 13	霞ヶ浦支流の 8 年平均渇水比流量	36
図 14	霞ヶ浦支流の 8 年平均年流出率	36
図 15	霞ヶ浦支流の 8 年平均年積算蒸発量	37
図 16	霞ヶ浦流域の土地利用	37
図 17	霞ヶ浦流域の地形	38
図 18	霞ヶ浦流域の地質	38
図 19	霞ヶ浦流域の 1998 年年積算雨量分布	39
図 20	霞ヶ浦支流の畑地地域の割合と年積算雨量の関係	39
図 21	霞ヶ浦支流の平均傾斜角の割合と年積算雨量の関係	40
図 22	霞ヶ浦支流の最大比高の割合と年積算雨量の関係	40
図 23	園部川流域の月平均雨量変化 (1998~2005)	41
図 24	小野川流域の月平均雨量変化 (1998~2005)	41
図 25	桜川流域の月平均雨量変化 (1998~2005)	42

図 26	巴川流域の月平均雨量変化 (1998～2005)	42
図 27	清明川流域の月平均雨量変化 (1998～2005)	43
図 28	銚田川流域の月平均雨量変化 (1998～2005)	43
図 29	恋瀬川流域の月平均雨量変化 (1998～2005)	44
図 30	霞ヶ浦支流の市街地地域の割合と年積算比流量の関係	44
図 31	霞ヶ浦支流の森林地域の割合と年積算比流量の関係	45
図 32	霞ヶ浦支流の最大比高の割合と年積算比流量の関係	45
図 33	霞ヶ浦支流の水系密度の割合と年積算比流量の関係	46
図 34	霞ヶ浦支流の沖積層の割合と年積算比流量の関係	46
図 35	園部川流域の流況曲線	47
図 36	小野川流域の流況曲線	47
図 37	桜川流域の流況曲線	48
図 38	巴川流域の流況曲線	48
図 39	清明川流域の流況曲線	49
図 40	銚田川流域の流況曲線	49
図 41	恋瀬川流域の流況曲線	50
図 42	霞ヶ浦支流の畑地地域の割合と洪水比流量の関係	50
図 43	霞ヶ浦支流の平均傾斜角の割合と洪水比流量の関係	51
図 44	霞ヶ浦支流の段丘堆積物の割合と洪水比流量の関係	51
図 45	霞ヶ浦支流の沖積層の割合と洪水比流量の関係	52
図 46	霞ヶ浦支流の岩盤の割合と洪水比流量の関係	52
図 47	霞ヶ浦支流の畑地地域の割合と豊水比流量の関係	53
図 48	霞ヶ浦支流の平均傾斜角の割合と豊水比流量の関係	53
図 49	霞ヶ浦支流の段丘堆積物の割合と豊水比流量の関係	54
図 50	霞ヶ浦支流の沖積層の割合と豊水比流量の関係	54
図 51	霞ヶ浦支流の岩盤の割合と豊水比流量の関係	55

図 52	霞ヶ浦流域の市街地地域の割合と湧水比流量の関係	55
図 53	霞ヶ浦流域の畑地地域の割合と湧水比流量の関係	56
図 54	霞ヶ浦流域の段丘堆積物の割合と湧水比流量の関係	56
図 55	霞ヶ浦流域の沖積層の割合と湧水比流量の関係	57
図 56	霞ヶ浦流域の岩盤の割合と湧水比流量の関係	57
図 57	霞ヶ浦流域の畑地地域の割合と年流出率の関係	58
図 58	霞ヶ浦流域の水田地域の割合と年流出率の関係	58
図 59	霞ヶ浦流域の最大比高の割合と年流出率の関係	59
図 60	霞ヶ浦流域の段丘堆積物の割合と年流出率の関係	59
図 61	霞ヶ浦流域の沖積層の割合と年流出率の関係	60
図 62	霞ヶ浦流域の畑地地域の割合と年積算蒸発量の関係	60
付録写真 1	藤沢新田 (雨量・国土交通省)	61
付録写真 2	筑波支所 (雨量・茨城県庁)	61
付録写真 3	つくば (雨量・アメダス)	61
付録写真 4	北消防署筑波 (雨量・茨城県庁)	61
付録写真 5	真壁 (雨量・茨城県庁)	61
付録写真 6	真壁 (雨量・アメダス)	61
付録写真 7	協和 (雨量・アメダス)	62
付録写真 8	岩瀬町 (雨量・茨城県庁)	62
付録写真 9	岩瀬 (雨量・国土交通省)	62
付録写真 10	柿岡 (雨量・茨城県庁)	62
付録写真 11	牛久 (雨量・アメダス)	62
付録写真 12	竜ヶ崎土木 (雨量・茨城県庁)	62
付録写真 13	龍ヶ崎 (雨量・アメダス)	63
付録写真 14	江戸崎 (雨量・アメダス)	63
付録写真 15	江戸崎 (雨量・茨城県庁)	63

付録写真 16	波崎町（雨量・茨城県庁）	63
付録写真 17	潮来土木（雨量・国土交通省）	63
付録写真 18	東町（雨量・茨城県庁）	63
付録写真 19	臨湖実験施設（雨量）	64
付録写真 20	岩間町（雨量・茨城県庁）	64
付録写真 21	美野里町（雨量・茨城県庁）	64
付録写真 22	美野里（雨量・アメダス）	64
付録写真 23	藤沢新田（水位・国土交通省）	64
付録写真 24	桜橋（水位・茨城県庁）	64
付録写真 25	君島橋（水位・茨城県庁）	65
付録写真 26	恋瀬川（水位・国土交通省）	65
付録写真 27	上備前川（水位・茨城県庁）	65
付録写真 28	西根川（水位・茨城県庁）	65
付録写真 29	小野川（水位・国土交通省）	65
付録写真 30	日川（水位・国土交通省）	65
付録写真 31	鱒川（水位・茨城県庁）	66
付録写真 32	小川（水位・国土交通省）	66
付録写真 33	巴川（水位・国土交通省）	66
付録写真 34	銚田川（水位・国土交通省）	66
付録図 1	小野川流域の雨量と流量の関係（1998）	67
付録図 2	桜川流域の雨量と流量の関係（1998）	67
付録図 3	巴川流域の雨量と流量の関係（1998）	68
付録図 4	清明川流域の雨量と流量の関係（1998）	68
付録図 5	恋瀬川流域の雨量と流量の関係（1998）	69
付録図 6	園部川流域の雨量と流量の関係（1999）	69
付録図 7	小野川流域の雨量と流量の関係（1999）	70

付録図 8	桜川流域の雨量と流量の関係 (1999)	70
付録図 9	巴川流域の雨量と流量の関係 (1999)	71
付録図 10	清明川流域の雨量と流量の関係 (1999)	71
付録図 11	銚田川流域の雨量と流量の関係 (1999)	72
付録図 12	恋瀬川流域の雨量と流量の関係 (1999)	72
付録図 13	園部川流域の雨量と流量の関係 (2000)	73
付録図 14	小野川流域の雨量と流量の関係 (2000)	73
付録図 15	桜川流域の雨量と流量の関係 (2000)	74
付録図 16	巴川流域の雨量と流量の関係 (2000)	74
付録図 17	清明川流域の雨量と流量の関係 (2000)	75
付録図 18	銚田川流域の雨量と流量の関係 (2000)	75
付録図 19	恋瀬川流域の雨量と流量の関係 (2000)	76
付録図 20	園部川流域の雨量と流量の関係 (2001)	76
付録図 21	小野川流域の雨量と流量の関係 (2001)	77
付録図 22	桜川流域の雨量と流量の関係 (2001)	77
付録図 23	巴川流域の雨量と流量の関係 (2001)	78
付録図 24	清明川流域の雨量と流量の関係 (2001)	78
付録図 25	銚田川流域の雨量と流量の関係 (2001)	79
付録図 26	恋瀬川流域の雨量と流量の関係 (2001)	79
付録図 27	園部川流域の雨量と流量の関係 (2002)	80
付録図 28	小野川流域の雨量と流量の関係 (2002)	80
付録図 29	桜川流域の雨量と流量の関係 (2002)	81
付録図 30	巴川流域の雨量と流量の関係 (2002)	81
付録図 31	清明川流域の雨量と流量の関係 (2002)	82
付録図 32	銚田川流域の雨量と流量の関係 (2002)	82
付録図 33	恋瀬川流域の雨量と流量の関係 (2002)	83

付録図 34	園部川流域の雨量と流量の関係 (2003)	83
付録図 35	小野川流域の雨量と流量の関係 (2003)	84
付録図 36	桜川流域の雨量と流量の関係 (2003)	84
付録図 37	巴川流域の雨量と流量の関係 (2003)	85
付録図 38	清明川流域の雨量と流量の関係 (2003)	85
付録図 39	銚田川流域の雨量と流量の関係 (2003)	86
付録図 40	恋瀬川流域の雨量と流量の関係 (2003)	86
付録図 41	園部川流域の雨量と流量の関係 (2004)	87
付録図 42	小野川流域の雨量と流量の関係 (2004)	87
付録図 43	桜川流域の雨量と流量の関係 (2004)	88
付録図 44	巴川流域の雨量と流量の関係 (2004)	88
付録図 45	清明川流域の雨量と流量の関係 (2004)	89
付録図 46	銚田川流域の雨量と流量の関係 (2004)	89
付録図 47	恋瀬川流域の雨量と流量の関係 (2004)	90
付録図 48	園部川流域の雨量と流量の関係 (2005)	90
付録図 49	小野川流域の雨量と流量の関係 (2005)	91
付録図 50	桜川流域の雨量と流量の関係 (2005)	91
付録図 51	巴川流域の雨量と流量の関係 (2005)	92
付録図 52	清明川流域の雨量と流量の関係 (2005)	92
付録図 53	銚田川流域の雨量と流量の関係 (2005)	93
付録図 54	恋瀬川流域の雨量と流量の関係 (2005)	93
付録図 55	霞ヶ浦流域の 1999 年年積算雨量分布	94
付録図 56	霞ヶ浦流域の 2000 年年積算雨量分布	94
付録図 57	霞ヶ浦流域の 2001 年年積算雨量分布	95
付録図 58	霞ヶ浦流域の 2002 年年積算雨量分布	95
付録図 59	霞ヶ浦流域の 2003 年年積算雨量分布	96

付録図 60	霞ヶ浦流域の 2004 年年積算雨量分布	96
付録図 61	霞ヶ浦流域の 2005 年年積算雨量分布	97
付録図 62	霞ヶ浦支流の市街地地域の割合と年積算雨量の関係	97
付録図 63	霞ヶ浦支流の森林地域の割合と年積算雨量の関係	98
付録図 64	霞ヶ浦支流の水田地域の割合と年積算雨量の関係	98
付録図 65	霞ヶ浦支流の平均標高の割合と年積算雨量の関係	99
付録図 66	霞ヶ浦支流の形状比の割合と年積算雨量の関係	99
付録図 67	霞ヶ浦支流の水系密度の割合と年積算雨量の関係	100
付録図 68	霞ヶ浦支流の段丘堆積物の割合と年積算雨量の関係	100
付録図 69	霞ヶ浦支流の沖積層の割合と年積算雨量の関係	101
付録図 70	霞ヶ浦支流の岩盤の割合と年積算雨量の関係	101
付録図 71	霞ヶ浦支流の畑地地域の割合と年積算比流量の関係	102
付録図 72	霞ヶ浦支流の水田地域の割合と年積算比流量の関係	102
付録図 73	霞ヶ浦支流の平均傾斜角の割合と年積算比流量の関係	103
付録図 74	霞ヶ浦支流の平均標高の割合と年積算比流量の関係	103
付録図 75	霞ヶ浦支流の形状比の割合と年積算比流量の関係	104
付録図 76	霞ヶ浦支流の段丘堆積物の割合と年積算比流量の関係	104
付録図 77	霞ヶ浦支流の岩盤の割合と年積算比流量の関係	105
付録図 78	霞ヶ浦支流の市街地地域の割合と洪水比流量の関係	105
付録図 79	霞ヶ浦支流の森林地域の割合と洪水比流量の関係	106
付録図 80	霞ヶ浦支流の水田地域の割合と洪水比流量の関係	106
付録図 81	霞ヶ浦支流の平均標高の割合と洪水比流量の関係	107
付録図 82	霞ヶ浦支流の最大比高の割合と洪水比流量の関係	107
付録図 83	霞ヶ浦支流の形状比の割合と洪水比流量の関係	108
付録図 84	霞ヶ浦支流の水系密度の割合と洪水比流量の関係	108
付録図 85	霞ヶ浦支流の市街地地域の割合と豊水比流量の関係	109

付録図 86	霞ヶ浦流域の森林地域の割合と豊水比流量の関係	109
付録図 87	霞ヶ浦流域の水田地域の割合と豊水比流量の関係	110
付録図 88	霞ヶ浦流域の平均標高の割合と豊水比流量の関係	110
付録図 89	霞ヶ浦流域の最大比高の割合と豊水比流量の関係	111
付録図 90	霞ヶ浦流域の形状比の割合と豊水比流量の関係	111
付録図 91	霞ヶ浦流域の水系密度の割合と豊水比流量の関係	112
付録図 92	霞ヶ浦流域の市街地地域の割合と平水比流量の関係	112
付録図 93	霞ヶ浦流域の森林地域の割合と平水比流量の関係	113
付録図 94	霞ヶ浦流域の畑地地域の割合と平水比流量の関係	113
付録図 95	霞ヶ浦流域の水田地域の割合と平水比流量の関係	114
付録図 96	霞ヶ浦流域の平均傾斜角の割合と平水比流量の関係	114
付録図 97	霞ヶ浦流域の平均標高の割合と平水比流量の関係	115
付録図 98	霞ヶ浦流域の最大比高の割合と平水比流量の関係	115
付録図 99	霞ヶ浦流域の形状比の割合と平水比流量の関係	116
付録図 100	霞ヶ浦流域の水系密度の割合と平水比流量の関係	116
付録図 101	霞ヶ浦流域の段丘堆積物の割合と平水比流量の関係	117
付録図 102	霞ヶ浦流域の沖積層の割合と平水比流量の関係	117
付録図 103	霞ヶ浦流域の岩盤の割合と平水比流量の関係	118
付録図 104	霞ヶ浦流域の市街地地域の割合と低水比流量の関係	118
付録図 105	霞ヶ浦流域の森林地域の割合と低水比流量の関係	119
付録図 106	霞ヶ浦流域の畑地地域の割合と低水比流量の関係	119
付録図 107	霞ヶ浦流域の水田地域の割合と低水比流量の関係	120
付録図 108	霞ヶ浦流域の平均傾斜角の割合と低水比流量の関係	120
付録図 109	霞ヶ浦流域の平均標高の割合と低水比流量の関係	121
付録図 110	霞ヶ浦流域の最大比高の割合と低水比流量の関係	121
付録図 111	霞ヶ浦流域の形状比の割合と低水比流量の関係	122

付録図 112	霞ヶ浦流域の水系密度の割合と低水比流量の関係	122
付録図 113	霞ヶ浦流域の段丘堆積物の割合と低水比流量の関係	123
付録図 114	霞ヶ浦流域の沖積層の割合と低水比流量の関係	123
付録図 115	霞ヶ浦流域の岩盤の割合と低水比流量の関係	124
付録図 116	霞ヶ浦流域の森林地域の割合と渇水比流量の関係	124
付録図 117	霞ヶ浦流域の水田地域の割合と渇水比流量の関係	125
付録図 118	霞ヶ浦流域の平均傾斜角の割合と渇水比流量の関係	125
付録図 119	霞ヶ浦流域の平均標高の割合と渇水比流量の関係	126
付録図 120	霞ヶ浦流域の最大比高の割合と渇水比流量の関係	126
付録図 121	霞ヶ浦流域の形状比の割合と渇水比流量の関係	127
付録図 122	霞ヶ浦流域の水系密度の割合と渇水比流量の関係	127
付録図 123	霞ヶ浦流域の市街地地域の割合と年流出率の関係	128
付録図 124	霞ヶ浦流域の森林地域の割合と年流出率の関係	128
付録図 125	霞ヶ浦流域の平均傾斜角の割合と年流出率の関係	129
付録図 126	霞ヶ浦流域の平均標高の割合と年流出率の関係	129
付録図 127	霞ヶ浦流域の形状比の割合と年流出率の関係	130
付録図 128	霞ヶ浦流域の水系密度の割合と年流出率の関係	130
付録図 129	霞ヶ浦流域の岩盤の割合と年流出率の関係	131
付録図 130	霞ヶ浦流域の市街地地域の割合と年積算蒸発量の関係	131
付録図 131	霞ヶ浦流域の森林地域の割合と年積算蒸発量の関係	132
付録図 132	霞ヶ浦流域の水田地域の割合と年積算蒸発量の関係	132
付録図 133	霞ヶ浦流域の平均傾斜角の割合と年積算蒸発量の関係	133
付録図 134	霞ヶ浦流域の平均標高の割合と年積算蒸発量の関係	133
付録図 135	霞ヶ浦流域の最大比高の割合と年積算蒸発量の関係	134
付録図 136	霞ヶ浦流域の形状比の割合と年積算蒸発量の関係	134
付録図 137	霞ヶ浦流域の水系密度の割合と年積算蒸発量の関係	135

付録図 138	霞ヶ浦支流の段丘堆積物の割合と年積算蒸発量の関係	135
付録図 139	霞ヶ浦支流の沖積層の割合と年積算蒸発量の関係	136
付録図 140	霞ヶ浦支流の岩盤の割合と年積算蒸発量の関係	136

1. はじめに

霞ヶ浦は利根川河口に位置する海跡湖で、西浦、北浦および外浪逆浦の3つの大きな湖盆から形成されている。霞ヶ浦の流域面積は湖面積の約9倍の広さをもち、東京に近く平地が多いところから流域での人間活動は大きく汚染されやすい湖である。

1963年に塩害防止と、利根川からの逆流する洪水を防止する目的で常陸川水門が建設され、1973年には水門の完全閉鎖が行われた。常陸川水門の建設と前後し、霞ヶ浦の水を水資源として利用する計画が始まり、霞ヶ浦総合開発事業がスタートした。それに伴い護岸の大規模な改修工事が始まり、1990年度にはほぼ完成した状況である。現在は利根川と那珂川から余剰水を導水し、流況調整機能を果たしながら水資源開発を行おうという導水事業が開始されている。(相崎、1999)

霞ヶ浦については、村岡(1981)、茨城県霞ヶ浦環境科学センター(2006)で霞ヶ浦流域の流量について、田瀬(1994)で霞ヶ浦流域の水循環や水収支について、藪崎ほか(2006)で河川水の水質・流量特性についてまとめられており、また、山口(2004)で霞ヶ浦流域の蒸発量(2001年)について推定されている。これらによると、霞ヶ浦の湖水は農業用水や霞ヶ浦用水事業などによって霞ヶ浦流域外との行き来があることや、土地利用は河川水質にも影響を与えていることなどが述べられている。しかし、霞ヶ浦流域の特にその支流域まで含めた水収支に関する研究は極めて少ない。各支流域ごとに水収支や土地利用・地形・地質は異なり、それぞれの流域ごとに洪水や渇水など、留意しなければいけない点が挙げられる。ここでは、流域の中に「山地」や「平地」、「ある程度発展している地域(市街地やコンクリート)」や「まだ開発されていない地域(森林や農地)」を持つ霞ヶ浦流域の水収支が、流域の土地利用・地形・地質とどのような関係を持っているのかを調べ、考察を行う。

2. 方法

2.1 研究地域

研究地域は霞ヶ浦流域とする。松下ほか（2003）によると、霞ヶ浦流域は関東平野東部に位置し、流域面積は約 2200k m²、茨城県全体の 35%を占め、また気象状況としては、年平均気温は 14℃、年間の降水量は 1250mm である。

2.2 研究方法

水収支の関係式は、

$$P \text{ (降水量)} = E \text{ (蒸発量)} + R \text{ (流出量)} \quad (2-1)$$

となる。 P と R は気象庁や国土交通省、茨城県庁などからいただいたデータを使用し、この式に P と R の値を入力したときの残差を E とした。霞ヶ浦の7大河川流域（園部川流域、小野川流域、桜川流域、巴川流域、清明川流域、鉾田川流域、恋瀬川流域）の降水量や流出量、蒸発量などの水収支の解析を行い、また、各流域ごとの土地利用の割合、地形の状態、地質の割合を求めた。ここで求めた水収支の結果と各流域の土地利用・地形・地質とを比較し、霞ヶ浦流域の水収支と土地利用・地形・地質の関係について考察を行った。解析対象は1998年から2005年である。

2.3 データ

(1)降水量（時間降水量）

雨量観測所の位置は、図1の通りである。いくつかの観測所において現地に行き調査をしたが、調査をした観測所に関しては観測所及びその周辺の様子を付録写真1～付録写真22中で示してある。年によって利用している観測所、利用していない観測所があるが、その年に利用した観測所は図19と付録図55から付録図61中で示してある。

i. 国土交通省の雨量データ

霞ヶ浦流域内とその付近の観測地点での降水量データを国土交通省が編集し、霞ヶ浦

河川事務所が発行している「時間雨量」(1998～2004年)(国土交通省、2005)、「時間雨量」(2005年)のデータ(国土交通省、2006)、茨城県土浦土木事務所が発行している「時間雨量」(1998～2004年)(国土交通省、2005)「時間雨量」(2005年)のデータ(国土交通省、2006)を利用した。このデータは、転倒ます型雨量計(1.0mm)により観測されたものである。

ii. アメダスの雨量データ

霞ヶ浦流域内とその付近の観測地点での降水量データを気象庁が編集し、気象業務支援センターが発行している「アメダス再統計値(1991～1995年)」(気象庁、2005)、「アメダス再統計値(1996～2000年)」(気象庁、2005)、「アメダス再統計値(2001～2004年)」(気象庁、2005)、「アメダス再統計値(2005年)」の日雨量データ(気象庁、2006)を利用した。このデータは、転倒ます型雨量計(0.5mm)により観測されたものである。

iii. 茨城県庁の雨量データ

霞ヶ浦流域内とその付近の観測地点での降水量データを茨城県庁が編集・発行している「茨城県水防情報システム」(1998～2004年)、「茨城県水防情報システム」(2005年)の時間雨量データ(茨城県庁、2006)のうち大洗港湾、鹿島港湾、荃崎橋、下館土木、銚田土木、潮来土木、石下土木、土浦土木、竜ヶ崎土木、江戸崎町、茨城消防、美野里町、八郷町柿岡、茨城支所、北浦町、岩瀬町、水海道市、内原町、岩間町、真壁町、旭村、北消防署筑波、第1常陸野、玉造町、阿見町、麻生町、豊郷小学校、東町、取手市消防、波崎町、三和町、下妻市役所、愛郷橋、涸沼で観測されているデータを利用した。このデータは、転倒ます型雨量計(1.0mm)により観測されたものである。

iv. 国立環境研究所霞ヶ浦臨湖実験施設の雨量データ

国立環境研究所霞ヶ浦臨湖実験施設での降水量データを国立環境研究所霞ヶ浦臨湖実験施設(2006)の霞ヶ浦臨湖実験施設気象データから時間雨量データをダウンロード

して利用した。このデータは、転倒ます型雨量計（0.5mm）により観測されたものである。

v. 筑波大学陸域環境研究センターの雨量データ

筑波大学陸域環境研究センターでの降水量データを筑波大学陸域環境研究センター（2006）のTERC 熱収支・水収支観測データベースから時間雨量データをダウンロードして利用した。このデータは、転倒ます型雨量計（0.5mm）により観測されたものである。

(2) 水位・流量

流量観測所の位置は図2の通りである。この中の、小川、小野川、藤沢新田、巴川、埜、鉾田、恋瀬川で観測されているデータを利用した。いくつかの観測所において現地に行き調査をしたが、調査をした観測所に関しては観測所及びその周辺の様子を付録写真23～付録写真34中で示してある。

霞ヶ浦流域内とその付近の観測地点での流量データを国土交通省が編集し、霞ヶ浦河川事務所が発行している「時間流量」（1998～2004年）（国土交通省、2005）、「時間流量」（2005年）のデータ（国土交通省、2006）、茨城県土浦土木事務所が発行している「時間流量」（1998～2004年）（国土交通省、2005）「時間流量」（2005年）のデータ（国土交通省、2006）を利用した。この流量データは、各流域の霞ヶ浦への出口付近に水位観測地点が存在するが、そこで得られた水位データをそれぞれの流域における水位－流量換算式（表1～表8）を用いて流量に変換したデータである。

(3) 土地利用

霞ヶ浦流域内の土地利用データを用いるが、それは国立環境研究所が編集・発行している「自然環境GIS」のデータ（国立環境研究所、1996）を利用した。

(4) 地形

霞ヶ浦流域内の地形データを用いるが、それは国土地理院が編集し、(財) 日本地図センターが発行している「国土地理院数値地図 25000 (地図画像) 水戸」(国土地理院、2002) と「国土地理院数値地図 25000 (地図画像) 千葉」の DEM (国土地理院、2002) を利用した。

(5) 地質

霞ヶ浦流域内の地質データを用いるが、それは産業技術総合研究所が編集し、産業技術総合研究所 地質調査総合センターが発行している「20万分の1数値地質図幅集 関東甲信越及び伊豆小笠原諸島」のデータ (産業技術総合研究所、2004) を利用した。

2.4 データ処理

(1) 霞ヶ浦流域の支流

霞ヶ浦流域には、7 大河川流域と呼ばれる支流 (園部川流域、小野川流域、桜川流域、巴川流域、清明川流域、鉾田川流域、恋瀬川流域) がある。7 大河川流域の流域界は霞ヶ浦に流れ込むところまでとなっている (図 3) が、各支流とも流域の出口に流出量の観測所があるわけではない。そのままの流域界を用いて水収支を求めると、流出量に対して降水量が少なく見積もられてしまう。そこで本研究では、各支流の流量観測点よりも上で囲った部分とその支流の流域界とすることにした (図 4)。

(2) 土地利用

「自然環境 GIS」のデータを基に、Arc GIS の「マスクで抽出」を用いて各支流ごとの土地利用割合を求めた。また区分はそれぞれ、表 1 の通りとした。

(3) 地形

「国土地理院数値地図 25000 (地図画像) 水戸」「国土地理院数値地図 25000 (地図画

像) 千葉」のデータを基に、「平均傾斜角」はサーフェス解析の「傾斜角」から、「平均標高」、「最大比高」はサーフェス解析の「面積と体積」から算出した。また、「形状比」はサーフェス解析の「面積と体積」から算出した「流域面積」を「主流の長さ」の2乗で除して、「水系密度」は「水系網の長さ」を「流域面積」で除して求めた。

(4) 地質

「20 万分の 1 数値地質図幅集 関東甲信越及び伊豆小笠原諸島」のデータを基に、Arc GIS の「マスクで抽出」を用いて各支流域ごとの地質割合を求めた。また区分はそれぞれ、高位段丘堆積物、中位段丘堆積物、低位段丘堆積物を「段丘堆積物」、沖積層を「沖積層」、付加コンプレックス(八溝層群)(筑波変成岩類及び吾国山変成岩の原岩を含む)、両雲母花崗岩、斑れい岩類、筑波花崗岩、稲田花崗岩、加波山花崗岩、安山岩及びデイサイト岩脈及び溶岩を岩盤とした。

(5) 雨量

i. 雨量データの欠測扱い

各時間雨量データから月積算降水量、年積算降水量を求めた。月積算降水量に関しては、「日雨量データが全くないもの」「時間雨量データから求めた値が周辺の他の観測所の値と 100 (mm) 以上ずれているもの」を欠測扱いとした。年積算降水量に関しては、「日雨量データが全くないもの」「1 月以上欠測のあるもの」を欠測扱いとした。

ii. 流域平均雨量の算出方法の決定

観測点が少ない年が何年かあるので、観測点が多くなると正確な値の出ないティーセン法は除外し、逆距離加重法、スプライン法、クリギング法の 3 つの方法によって流域平均雨量を算出し、算出方法によってどの程度の違いが表れるかの比較を行った。それぞれの方法を用いて、「霞ヶ浦流域」全体、平地に位置する「小野川流域」、山寄りに位置する「恋瀬川流域」における流域平均雨量を算出した後、RMS 法と t 検定を用いて比

較し、使用する算出方法の決定をした。

(6) 流量

i. 比流量

流量のデータをそのまま使用してしまうと、大きな流域の流量が大きく、小さな流域の流量が小さく出てしまい、それぞれで比較することができない。そこで、

$$\text{流量}(m^3 / \text{day}) \div \text{流域面積}(km^2) = \text{比流量}(mm / \text{day}) \quad (2-2)$$

の式を用いて、各支流域とも流量を比較できるかたちの比流量に変換し、使用した。

ii. 流量データの補正

通常、どの流域においても降水が起きた後に流量の変化が起きているはずである。しかし、霞ヶ浦流域の流量は各河川の水位を基に水位－流量曲線から求められており、その換算式が年によって異なる（表 2～表 8）ためか、降水直後以外にも流量が変化しているのではないかと、と思われるところがいくつか見られた。そこで各支流域ごとに日積算雨量と日積算比流量とを比較したところ、図 5、図 6 のように園部川流域と鉾田川流域で毎年 10 月以降にこのような現象が起きていることがわかった。しかし、補正を加えるほど大きな変化ではなかったため、補正は行わず、元のデータをそのまま使用した。各流域におけるハイドログラフを付録図 1～付録図 54 に示す。

iii. 流量データの欠測扱い

年間で「355 日未満しか日流量データのないもの」を欠測扱いとした。

iv. 流況曲線

1 年間の日積算比流量を、量の多かった日のものから順に並べたものが流況曲線であるが、この中の多いほうから 5 日目の値を「洪水比流量」と定義し、95 日目の「豊水比

流量」、185 日目の「平水比流量」、275 日目の「低水比流量」、355 日目の「渇水比流量」を利用して解析した。

(7) 蒸発量

雨量から(2-1)式に従って比流量を減じたものを蒸発量とした。

(8) 流出率

比流量を雨量で除したものを流出量とした。

3. 結果・考察

3.1 水収支

各流域の水収支の結果は、表 9 から表 15、また図 7 から図 15 に示した通りになった。これらを見ると、年間の雨量が流量と蒸発量になる比率や流出率などは、どの流域でも毎年ほとんど変わらないことがわかった。またその割合が変化している年は、2004 年のように短期的にまとまった雨が降ったりした年であることもわかった。流況曲線の結果を見てみると、豊水比流量、平水比流量、低水比流量は年によってそれほど差はないが、洪水比流量や渇水比流量は年によってばらつきがあることがわかった。特に、2001 年の「園部川流域」「小野川流域」「銚田川流域」の渇水比流量は他の年と比較して非常に少なくなっており、また 2004 年の洪水比流量はどの流域でも大きくなっていた。

3.2 土地利用

土地利用のされ方に関しては詳しく見るともっと多くの種類に分けられるが、本研究では、「市街地割合」「森林割合」「畑地割合」「水田割合」とその他に分けた。そうしたところ、霞ヶ浦流域全体では一般的に「森林割合」が最も多くなっているが、各流域ごとに土地利用のされ方は異なり、「園部川流域」「巴川流域」「銚田川流域」では「市街地割合」が、「小野川流域」「清明川流域」「恋瀬川流域」では「森林割合」が、「桜川流域」では「水田割合」が、他の流域と比べて多くなっている（図 16）。

3.3 地形

地形に関しては、各流域の「平均傾斜角」「平均標高」「最大比高」「形状比」「水系密度」を比較した。筑波山の影響を大きく受けている「桜川流域」「恋瀬川流域」の「平均標高」は高く、「平均傾斜角」「最大比高」も大きくなっている。筑波山の影響は「園部川流域」「巴川流域」にも及んでおり、「最大比高」が大きくなっている。また、「清明川流域」「銚田川流域」「恋瀬川流域」では「形状比」が大きく、これらの流域は方形

ないし円形に近い流域であるといえ、「園部川流域」「桜川流域」「恋瀬川流域」では、「水系密度」が大きく、これらの流域は流域に対する河川の割合が大きい流域であるといえる（図 17）。

3.4 地質

地質に関しては詳しく見るともっと多くの種類に分けられるが、本研究では、「段丘堆積物割合」「沖積層割合」「岩盤割合」とその他に分けた。霞ヶ浦流域全体では一般的に「段丘堆積物割合」が最も多くなっており、「小野川流域」「清明川流域」「鉾田川流域」の地質の組成は似ている。流域内には、筑波山の影響によって岩盤の存在する場所があり、「園部川流域」「桜川流域」「巴川流域」「恋瀬川流域」には岩盤が存在し、中でも「桜川流域」「恋瀬川流域」の岩盤の割合が大きくなっている（図 18）。

3.5 雨量

クリギング法は物理的にも信頼性が高い方法である。また、t 検定で算出された数値が 1.78 以上だと 2 つの方法の間に 5% 有意な差がある、といえる。それぞれの方法を比較した結果、表 16 のようになった。今回、8 年間の値しか使用していないということもあり、5% 有意な差があるといえるものはなかったが、クリギング法と他の 2 つの方法の間の差は大きいと判断し、本研究では流域平均雨量を算出する場合クリギング法を用いることにした。また、表 16 中の「霞」は霞ヶ浦流域全体の、「小」は小野川流域の、「恋」は恋瀬川流域全体の解析を行った結果であり、「逆」は逆距離加重法、「ス」はスプライン法、「ク」はクリギング法のことである。また「逆」「ス」「ク」のうち、□で囲まれている方法は、その 2 つの方法を比較したときにデータが大きかった方の方法である。

1998 年から 2005 年までの 8 年間のデータを用いて解析を行ったが、どの年を見ても霞ヶ浦上で雨量が最も少なく、霞ヶ浦から離れるほど多くなっていることが見て取れた（図 20～図 22、付録図 62～付録図 70）。本来ならば下に水分の供給源のある霞ヶ浦付

近の雨量が多くなりそうなものだが、今回そうならなかったのは、真下で蒸発したものがそこで雨になるだけではなく、他の場所（太平洋など）で蒸発した水蒸気が移動して雨を降らせているからではないかと考えられる。またそれ以外にも、霞ヶ浦付近の観測点が他の地域と比べて少なくなっていることも影響している、とも考えられる。また支流ごとに見てみると、全体的に 1150～1300（mm/年）前後の値をとっている（図 7）。中でも、霞ヶ浦よりも北に位置する園部川流域と恋瀬川流域で 8 年平均年積算雨量が大きくなっているが、これは筑波山の影響（地形性降雨）もあり、霞ヶ浦の北側の雨量が多くなっているからではないかと考えられる。しかし、各支流の雨量と土地利用・地形・地質などを比較してみると、特にそれぞれの要素が影響して支流ごとの雨量を変えているようには見えなかった（図 20～図 22、付録図 62～付録図 70）。

また、各支流ごとに 1998 年 1 月から 2005 年 12 月までの月積算雨量を算出し、グラフ化した（図 23～図 29）。そうしたところ、どの流域においても冬場（12 月～2 月）に雨量が少なく、夏場（4 月～10 月）は 150～200（mm/月）程度と雨量が多くなっていることがわかった。夏場の中でも台風や長雨が重なる 10 月の雨量が毎年多くなっているが、その中でも 2004 年 10 月の雨量は桁はずれに多く、どの支流でも 600（mm/月）前後と、年積算雨量の半分ほどの雨量となった。しかし逆に 2001 年の夏場（4 月・7 月）の雨量は少なく、この年は渇水年であったと考えられる。

3.6 比流量

支流ごとに見てみると、全体的に 420～750（mm/年）前後の値をとっている（図 8）。中でも、清明川流域と恋瀬川流域で 8 年平均年積算比流量が小さくなっているが、清明川に関しては雨量が小さいから、恋瀬川に関しては森林が多く、降った雨がすぐには流出してこないからではないかと考えられる。しかし、各支流の比流量と土地利用・地形・地質などを比較してみると、特にそれぞれの要素が影響して支流ごとの比流量を変えているようには見えなかった（図 30～図 34、付録図 71～付録図 77）。

流況曲線を描いてみるとどの流域も比較的似たような曲線を描いている（図 35～図

41) が、「園部川流域」「小野川流域」「銚田川流域」において、2001年の300日頃からの減少が顕著に見られている。これは、渇水年であった2001年夏場の雨量の少なさに加え、農業用水などに河川水を使用するということも重なり、渇水の影響を大きく受けたのだと考えられる。このようになる河川は渇水の影響を受けやすく、雨量が少なくなると水が枯れやすい河川であると言える。また「巴川流域」「清明川流域」「恋瀬川流域」において、普段の流量と比較すると、ピーク流量が大きくなっている。このようになる河川は、大雨、特に2004年10月のような大雨が降ると、すぐ流量に影響が出、洪水になりやすい河川であると言える。また、各支流域ごとに見た洪水比流量・豊水比流量・平水比流量・低水比流量・渇水比流量の変化を見てみると、「園部川流域」「小野川流域」「桜川流域」「銚田川流域」「恋瀬川流域」では通常時と比較して渇水比流量の8年平均値が小さく出ており、「園部川流域」「桜川流域」「巴川流域」「清明川流域」「恋瀬川流域」では通常時と比較して渇水比流量の8年平均値が大きく出ている(図9～図13)。各支流域の洪水比流量、豊水比流量、平水比流量、低水比流量、渇水比流量と土地利用・地形・地質などを比較してみると、これらはいずれも、いくつかの要素の影響を受けているように見えた(図42～図56、付録図78～付録図122)。

流出率も支流域ごとに見てみると、「園部川流域」「桜川流域」「清明川流域」で8年平均流出率が大きくなっている(図14)。これらは全てピーク流量が大きな支流域であり、そのことが影響して流出率も大きくなったのだと考えられる。各支流域の流出率と土地利用・地形・地質などを比較してみると、流出率はいくつかの要素の影響を受けているように見えた(図57～図61、付録図123～付録図129)。

3.7 蒸発量

支流域ごとに見てみると、全体的に590～890(mm/年)前後の値をとっている(図15)。中でも、「小野川流域」「恋瀬川流域」で8年平均年積算蒸発量が大きくなっているが、比較的森林が多い地域の方が蒸発量が多いのではないかと考えられる。また各支流域の流出率と土地利用・地形・地質などを比較してみると、蒸発量はいくつかの要素の影

響を受けているように見えた（図 62、付録図 130～付録図 140）。

3.8 土地利用・地形・地質と水文量の関係

重回帰分析を用いて、流域の土地利用・地形・地質と水文量との関係を検討した。重回帰分析は、

$$\hat{y} = a_1x_1 + a_2x_2 + \cdots + a_nx_n + b \quad (3-1)$$

の式で表され、 \hat{y} は従属変数、 x_i は説明変数である。本研究では、従属変数に「年積算比流量」「年積算雨量」「年積算蒸発量」「年流出率」「豊水比流量」「平水比流量」「低水比流量」「渇水比流量」を、説明変数に土地利用から「市街地割合」「森林割合」「畑地割合」「水田割合」を、地形から「平均傾斜角」「平均標高」「最大比高」「形状比」「水系密度」を、地質から「段丘堆積物割合」「沖積層割合」「岩盤割合」を使用した。ただ、全ての従属変数に対して全ての説明変数が必要なわけではなく、その予測に対して多少とも役立つ変数はできるだけもれなくとりあげるのがよいが、あまり寄与の大きくない変数は採用しない方がよい。そこで、本研究では「変数増減法」（田中ほか、1984）を用いて、各従属変数に対して寄与の大きくない説明変数を除き、多少とも役立つ説明変数を採用した。変数増減法とは、変数増加法の一度採用された変数はおとされることのないという問題や、また変数減少法の一度おとされた変数は、採用されることはないという問題を改良して、次のような手順で変数を増減させる方法である。

- ①指定された初期モデルで回帰式を計算する。
- ②もし、すべての変数が含まれていれば、とりこむべき変数はないという情報をもって
- ③にすすむ。すべての変数が含まれていなければ、残りの変数を順番に1つずつ採用してみて、回帰係数の検定のための F 値を計算し、最大となる変数を選ぶ。その F 値が指定された F_{in} より大きければ、その変数をとりこんで次のステップに進む。 F_{in} より小さければ、とりこむべき変数はないという情報をもって③に進む。

③モデルに含まれている変数について、回帰係数の検定のための F 値を計算し、 F 値が最小となる変数を選ぶ。その F 値が指定された F_{out} より大きいとき、とりこむべき変数がないという情報があれば終了。そうでなければ、どの変数もおとさず④に進む。 F 値が F_{out} より小さいとき、その変数をおとし（とりこむべき変数がないという情報があれば、それをキャンセルして）、再び③に戻る。

④すべての変数がとりこまれていれば終了。そうでなければ、ステップ②に戻る。

結果を表 17 に示す。平水比流量、低水比流量は土地利用・地形・地質などの要素は影響していないことがわかった。年積算比流量に関しては、森林割合、沖積層割合、最大比高、市街地割合、水系密度の順に影響していることがわかった。これらのことから、生長するために水を必要とする樹木が多く存在する森林割合が多い地域は樹木の生長に多くの水を使われるため比流量が少なく、その樹木がほとんど存在しない市街地割合が多い地域は水を使われないため比流量が多くなるのではないかと考えられる。また、河川の占める割合が大きい流域の方が比流量が多くなることがわかった。しかし、沖積層割合や最大比高が比流量に影響を与えていることに関しては、もう少し検討の必要がある。年積算雨量に関しては、平均傾斜角、最大比高、畑地割合の順に影響していることがわかった。これらのことから、山などがあり大気の上昇が起きやすい場所や、畑地などのように蒸発が起きやすい流域の方が雨量が多くなるのではないかと考えられる。しかし、ここでも移動性降雨の影響も考えなくてはならない。年積算蒸発量に関しては、畑地割合が大きく影響していることがわかった。このことから、畑地には常に水分が多く存在し、かつそれを蒸発散させるための植物もあるから蒸発量が多くなるのではないかと考えられる。年流出率に関しては、沖積層割合、段丘堆積物割合、畑地割合、最大比高、水田割合の順に影響していることがわかった。これらのことから、流出率には地質がまず影響を及ぼし、次いで土地利用や地形が影響を及ぼしていることがわかった。また、畑地・水田が存在する地域は灌漑として畑地・水田に河川水を汲み上げるという作業が行われているが、河川水の汲み上げやそこからの蒸発などの影響があるため、畑地割合や水田割合が多くなると流出率が小さくなるのではないかと考えられる。洪水比流

量に関しては、沖積層割合、段丘堆積物割合、岩盤割合、畑地割合、平均傾斜角の順に影響していることがわかった。これらのことから、洪水比流量には地質がまず影響を及ぼし次いで土地利用や地形が影響を及ぼしていることが、また、傾斜が大きい地域では大雨が降ったときすぐに流量に影響が出るということがわかった。そして、畑地は地面が耕されており、そのため大雨が降ったときも土壌が雨を吸収することができ、流量に影響が出るのが遅れるのではないかと考えられた。豊水比流量に関しては、沖積層割合、段丘堆積物割合、岩盤割合、畑地割合、平均傾斜角の順に影響していることがわかった。これらのことから洪水比流量の場合と同様に、豊水比流量には地質がまず影響を及ぼし次いで土地利用や地形が影響を及ぼしていることが、また、傾斜が大きい地域では大雨が降ったときすぐに流量に影響が出るということがわかった。そして、畑地は地面が耕されており、そのため大雨が降ったときも土壌が雨を吸収することができ、流量に影響が出るのが遅れるのではないかと考えられた。渇水比流量に関しては、畑地割合、段丘堆積物割合、沖積層割合、岩盤割合、市街地割合の順に影響していることがわかった。これらのことから、渇水比流量には土地利用がまず影響を及ぼし、次いで地質が影響を及ぼしていることがわかった。また、畑地のように土壌中に水分を蓄えておきやすい地域は渇水時にも水が涸れづらく、市街地のように土壌中に水分を蓄えておきづらい地域は渇水時に水が涸れやすいのではないかと考えられる。

4. まとめ

霞ヶ浦流域の降水量、流出量、蒸発量などを重回帰分析で解析した結果、以下のことがわかった。

○年間の雨量が流量と蒸発量になる比率や流出率などは、どの支流域でも毎年ほとんど変わらない。またその割合が変化している年は、2004年のように短期的にまとまった雨が降ったりした年である。

○豊水比流量、平水比流量、低水比流量は年によってそれほど差はない。

○洪水比流量や渇水比流量は年によってばらつきがある。特に、2001年の「園部川流域」「小野川流域」「鉾田川流域」の渇水比流量は他の年と比較して非常に少なくなっており、また2004年の洪水比流量はどの支流域でも大きくなっている。

○平水比流量、低水比流量は、どの要因の影響も受けない。

○年積算比流量は、沖積層割合、市街地割合、水系密度の値が大きい場合に多くなる傾向にあり、森林割合、最大比高の値が大きい場合に少くなる傾向にある。

○年積算雨量は、最大比高の値が大きい場合に多くなる傾向にあり、平均傾斜角、畑地割合の値が大きいときに少くなる傾向にある。

○年積算蒸発量は、畑地割合の値が大きい場合に多くなる傾向にある。

○年流出率は、沖積層割合、段丘堆積物割合、最大比高の値が大きい場合に大きくなる傾向にあり、畑地割合、水田割合の値が大きい場合に小さくなる傾向にある。

○洪水比流量は、沖積層割合、段丘堆積物割合、岩盤割合、平均傾斜角の値が大きい場合に多くなる傾向にあり、畑地割合の値が大きい場合に少くなる傾向にある。

○豊水比流量は、沖積層割合、段丘堆積物割合、岩盤割合、平均傾斜角の値が大きい場合に多くなる傾向にあり、畑地割合の値が大きい場合に少くなる傾向にある。

○渇水比流量は、畑地割合、段丘堆積物割合、沖積層割合、岩盤割合の値が大きい場合に多くなる傾向にあり、市街地割合の値が小さい場合に少くなる傾向にある。

○「年数」に関しても、「地点」に関しても、データ量をもっと増やしていけるとよりよい結果が得られてくるのではないかと考えられる。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、筑波大学大学院生命環境科学研究科地球環境科学専攻の杉田倫明先生には研究全般にあたりご指導いただきました。この研究は先生方、先輩方のご協力の賜物であり、ここに記して謝辞とします。

また、本研究で用いた「降水量（時間降水量）」データは国土交通省（霞ヶ浦河川事務所、茨城県土浦土木事務所）、気象庁、茨城県庁、国立環境研究所霞ヶ浦臨湖実験施設、筑波大学陸域環境研究センターにより提供されたもの、「水位・流量」データは国土交通省（霞ヶ浦河川事務所、茨城県土浦土木事務所）、茨城県庁により提供されたもの、「地形」データは国土地理院により提供されたもの、「地質」データは産業技術総合研究所により提供されたものである。ここに記して謝意を表します。

最後に、大学を卒業するために援助してくれた両親に心から感謝します。

6. 参考文献

相崎守弘 (1999) : 湖沼水—霞ヶ浦を例にして. 季刊化学総説、14、103—112.

茨城県霞ヶ浦環境科学センター (2006) : インターネット :

<http://www.kasumigaura.pref.ibaraki.jp/05lakeOutline/0501-04.htm>

(2006/12/31 現在)

茨城県庁 (2006) : 「茨城県水防情報システム」 (1998～2004 年)、CD-ROM

茨城県庁 (2006) : 「茨城県水防情報システム」 (2005 年)、CD-ROM

気象庁 (2005) : 「アメダス再統計値 (1991～1995 年)」、CD-ROM

気象庁 (2005) : 「アメダス再統計値 (1996～2000 年)」、CD-ROM

気象庁 (2005) : 「アメダス再統計値 (2001～2004 年)」、CD-ROM

気象庁 (2006) : 「アメダス再統計値 (2005 年)」、CD-ROM

産業技術総合研究所 (2004) : 「20 万分の 1 数値地質図幅集 関東甲信越及び伊豆小笠原諸島」、CD-ROM

国土交通省 霞ヶ浦河川事務所 (2005) : 「時間雨量」 (1998～2004 年)、CD-ROM

国土交通省 霞ヶ浦河川事務所 (2006) : 「時間雨量」 (2005 年)、CD-ROM

国土交通省 茨城県土浦土木事務所 (2005) : 「時間雨量」 (1998～2004 年)、CD-ROM

国土交通省 茨城県土浦土木事務所 (2006) : 「時間雨量」 (2005 年)、CD-ROM

国土交通省 霞ヶ浦河川事務所 (2005) : 「時間流量」 (1998～2004 年)、CD-ROM

国土交通省 霞ヶ浦河川事務所 (2006) : 「時間流量」 (2005 年)、CD-ROM

国土交通省 茨城県土浦土木事務所 (2005) : 「時間流量」 (1998～2004 年)、CD-ROM

国土交通省 茨城県土浦土木事務所 (2006) : 「時間流量」 (2005 年)、CD-ROM

国土地理院 (2002) : 「国土地理院数値地図 25000 (地図画像) 千葉」、CD-ROM

国土地理院 (2002) : 「国土地理院数値地図 25000 (地図画像) 水戸」、CD-ROM

国立環境研究所霞ヶ浦臨湖実験施設 : “霞ヶ浦臨湖実験施設気象データ”、インターネット

ト : <http://www-cger.nies.go.jp/kasumi/index6.html> (2006/12/31 現在)

- 田瀬則雄 (1994) : 水の出入り. 「ひとと湖とのかかわり」霞ヶ浦研究会、17-20.
- 田中豊・垂水共之・脇本和昌 (1984) : 「パソコン統計解析ハンドブックⅡ 多変数解析編」共立出版株式会社、403 p.
- 筑波大学陸域環境研究センター (2006) : “TERC 熱収支・水収支観測データベース”、インターネット :
<http://www.suiri.tsukuba.ac.jp/new/dataresources/dataresources.html>
(2006/12/31 現在)
- 松下文経・福島武彦・田村正行 (2003) : 霞ヶ浦流域におけるランドスケープ特性の変化 (1987~1997). (社) 日本リモートセンシング学会 35 回学術講演会論文集 2003 年 11 月、81-82.
- 村岡浩爾 (1981) : 霞ヶ浦の水収支. 国立公害研究所研究報告、20、103-119.
- 藪崎志穂・田中正・福島武彦・浅沼順・飯田真一 (2006) : 霞ヶ浦流域における河川水の水質・流域特性について. 筑波大学陸域環境研究センター報告、7、3-13.
- 山口正樹 (2004) : 霞ヶ浦流域の蒸発量の推定. (筑波大学第一学群自然科学類卒業論文)、23 p

表1 土地利用分類

市街地地域	ヒノキアスナロ植林	イロシデ群落	シモチーシリフカシ群集	オニシバリーコナラ群集
市街地	シラビソ植林	オオヒメツグーサイコクイボタ群集	シリフカシ群落	コナラークリ群落
集落	アカマツ植林	ケヤキ群落	ホルトノキ群落	コナラークリ群集
緑の多い住宅地	クロマツ群落	ヒメウバミソウーケヤキ群集	ムクノキホルトノキ群落	コナラークリ群集
緑の多い住宅地、公園、樹苑等	海岸砂丘地クロマツ植林	アサガラーコクサギ群落	スタジイ群落	ヒトバタコ群落
緑の多い住宅地、公園、墓地等	スギ・ヒノキ・サワラ植林	下部針広混交林	コジイ群落	シイ・カシ萌芽林
緑の多い住宅地、公園、墓地等	スギ・ヒノキ植林	オオトクヤメイグツーミヤマカタバミ群落	ヤブコウジースタジイ群集	ヤマハシシラークロマツ群落
緑の多い住宅地、公園、運動公園、研究所、墓地等	スギ植林	オオトクヤメイグツーミヤマカタバミ群集	スタジイヤブコウジ群集	シイ・カシ萌芽林
緑の多い住宅地、公園、墓地、樹苑等	ヒノキ植林	ヒメウバミソウ	ヒメウバミソウ群落	シイ萌芽林
緑の多い住宅地、墓地、公園等	トドマツ植林	ミスズバネースタジイ群集	ミスズバネースタジイ群集	噴火の被害が軽微なシイ萌芽林
工場地帯	アカエゾマツ植林	ヤマボウシ群落	スタジイーミスズバネ群集	ハクサンボクーマテハンイ群落
工場	落葉針葉樹植林	リョウブーミスナラ群落	スタジイータイムンチバナ群集	マテハンイハクサンボク群落
広いコナラート地	カラマツ植林	ヤマグルマ群落	スタジイーオオシマカンスゲ群集	タブーヤブニッケイ幼木林
	外国産針葉樹植林	ヤマグルマーヒカゲツツジ群落	ホルバクナワラビースタジイ群集	タブーヤブニッケイ幼木林
	ササーダケカンバ群落	フサザクラータマアジサイ群集	スタジイーホルバクナワラビ群集	タブーヤブニッケイ萌芽林
森林地域	ダケカンバーササ群落	タマアジサイーフサザクラ群集、ヤシヤブシ群落	リュウキュウアオキースタジイ群集	ヤブニッケイータブ群落
エゾマツトドマツ群集	ミドリユキササーダケカンバ群回	シロモジーリウツギ群落	アマミナンシヨウースタジイ群集	ヤブムラサキーコナラ群落
アカエゾマツ群集	ダケカンバーハイマツ群落	ダケカンバーハイマツ群落	ケハダルミノキースタジイ群集	ウバメガシ萌芽林
イチイトドマツ群集	ダケカンバーハイワカリヤス群落	ウダイカンバ群落	オキナワシキミースタジイ群集	ヤブニッケイーヤマヤブソテツ群集
エゾマツーダケカンバ群落	ミヤマハンノキーダケカンバ群落	カシノミズナラ群落	アオハナハノキースタジイ群集	アカガシ萌芽林
シラビソトドマツ群集	ミヤマハンノキ群落	ミスズバネーカンワーコナラ群落	ヤブコウジースタジイ群集	オオトクヤメイグツ群落
オオトクヤメイグツ群落	シヤマハンノキーダケカンバ群集	カシノミズナラ群落	オオトクヤメイグツ二次林	オオトクヤメイグツ二次林
オオモリトドマツ群落	ウラジロウラジローミヤマナラ群回	ウラジロ群落	オオトクヤメイグツ二次林	オオトクヤメイグツ二次林
オオシラビソトドマツ群落	ミヤマナラ群落	ミスズバネーウラジロ群落	カナガエサカキースタジイ群集	噴火の被害が軽微なオオトクヤメイグツ二次林
シラビソーオオシラビソ群集	ナナカドーミソカエデ群落	シロモジ群落	ヤウラケカキースタジイ群集	ニセアカシア群落
シロクシラベ群落	オオシラビソーダケカンバ林	ミスズバネ群落	スタジイトドマツカサ群落	シロカネムクノキ群集
コメツガ群落	ダケカンバ群落	コナラ群落	タブ群落	アカギ群落
カラマツ群落	チシマザサーフナ群回	リョウブ群落	タブノキ群落	イヌシデ群落
スギーフナ群落	フナチシマザサ群落	ヘビノコサ群落	タブーヤブニッケイ群落	アオモジ群落
ツガーコカンスゲ群集	フナチシマザサ群集	クリーミスズナラ群落及びカスミザクラーコナラ群落	タブーハドノキ群落	クサキーアカマカシ群回
アカホソツツジーツガ群集	オオシラビソーフナ群落	リョウブーミスズナラ群落	噴火の被害が激甚なタブ林	ケヤキーシラカシ群落
ウラジロモミ群落	ヒメアオキーフナ群集	カスミザクラーコナラ群落	イノデータブ群集	トベラーマサキ萌芽林
ヒノキアスナロ群落	クロモジーフナ群集	クロモジーイヌシデ群落	タブーイノデ群集	ヒサカキ二次低木林
アスナロ群落	マルバハンノキーフナ群集	イヌシデーアカシデ群落	ムササビミュータブ群落	河辺落葉高木群落
ヒノキ群落	スズカケマツーフナ群回	クマシテアカシデ群集	タブームササビ群集	落葉低木群落
ヒノキーシラカガ群集	フナースダケ群落	アカシデ群落	ニセアカシアータブ群落	ニセアカシア河敷林
ヒノキーシラカガ群集	フナースダケ群落	スズカケマツーアカシデ群落	カノコ群落	常緑広葉樹植林
クロベーヒメコマツ群落	ヤマボウシーフナ群集	クマシテ群落	ホルバク群落	カシノマル林
アカミノイヌツグークロベ群集	フナツクハネウツギ群集	シラカンバ群落	ウバメガシ群落	ツツジ群林
キタコウウークロベ群落	フナミヤコザサ群落	シラカンバーササ群落	マルバニッケイ群落	ヤブツバキ植林
ヒメコマツークロベ群落	フナヤマボウシ群集	シラカンバーレンゲツツジ群落	モクダチバナ群落	クスノキ植林
クロベ群落	ツツジシヤクナグーフナ群集	レンゲツツジーシラカンバ群落	ウバメガシトベラ群集	マテハンイ植林
クロベーキタコウウ群落	フナツクハネウツギ群集	ニシキウツギーリウツギ群落	トベラーウバメガシ群集	落葉広葉樹植林
ヒメコマツ群落	オオマルバチンニンソウーフナ群落	タニウツギーリウツギ群落	マサキトベラ群集	クスノキ植林
アカマツ群落	イヌフナ群集	リウツギータニウツギ群落	トベラーマサキ群集	クスノキ群落
アカマツーヒメコマツ群落	イヌフナーチャボカヤ群集	ツクシウツギーリウツギ群落	クロマツトベラ群落	サクラ植林
スギーツガ群落	イヌフナ群落	リウツギーヤマカモジサ群集	アカテツーハマビロ群集	クスギーコナラ植林
ヒノキアスナロ群落及びクロベーキタコウウ群落	コハクウンボクーイヌフナ群集	ハンノキ群落	ハンノキ群落	ケヤキ植林
ウラジロモミーコメツガ群落	オオモミジサーフナ群集	スギー落葉広葉樹林群落	ハンノキ林	落葉広葉樹
ウラジロモミーコメツガ群落、ハノモミ群落	オオモミジサーフナ群集	カナガエサカキーウラジロウツギ群落	河辺ヤナギ群落	オオトクヤメイグツ植林
アカマツ群落	オオモミジサーフナ群集	ヤマヤナギーツツジヤブツギ群回	河辺ヤナギ低木群落	オオトクノキ植林
アカマツ二次群落	コハクチウカエデーケクロモジ群落	ヒメアオキーウラジロガシ群集	河辺低木林	ヤマハンノキ植林
コウヤマキ群落	コシカエデーナナカド群集	ウラジロガシーヒメアオキ群集	アキニレ群落	ヤマハンノキ植林
モミーシキミ群集	エゾイタヤーシナノキ群落	サカキーウラジロガシ群集	河辺ヤナギ低木林	外国産広葉樹植林
シキミーモミ群集	ミスズバネ群落	ウラジロガシーサカキ群集	河辺低木ヤナギ群落	モクマオウ林
スギ群落	エゾイタヤ群落	サカキーウラジロガシ群落	河辺低木群落	外国産樹種植林
スギ天然林	エゾイタヤーシナノキ群集	イヌノキーウラジロガシ群集	カワハンノキ群落	ニセアカシア植林
ヒメコマツ群落	ジュウモンジシダーサワグルミ群集	アカガシ群落	ナガミボショウジークスノハカエデ群落	モクマオウ植林
モミ林	サワグルミージュウモンジシダ群集	アカガシーミヤマシキミ群集	アカギ群落	ソウシジュ林
コガクツギーモミ群集	ジュウモンジシダーサワグルミ群落	ミヤマシキミーアカガシ群集	サガリバナーサキシマスオウノキ群落	ソウシジュ植林
ツガーハノキ群集	オニグルミ群落	イヌノキーイワヤナシダ群落	サガリバナーサキシマスオウ群落	竹林
ハノキーツガ群落	サワグルミーカツラ群落	ケヤキ群落	ヤブツバキ群落	モウソウチク植林
ツガートドマツ群落	サワグルミ群回	ケヤキーチャボカヤ群集	ヤブツバキ林	マダケ林
ツガーコカンスゲ群集	ハノキ林群集	ケヤキーコウウラジロ群集	ヒソツグーハノキ群落	ホウタイチク林
コカンスゲーツガ群集	ハノキ林群集	ムクノキーエノキ群落	ツクハネカシ群落	ホウタイチク林
ツガ群落	ヤナギ高木群落	エノキームクノキ群落	クスノキ群落	モウソウチク林
ハノキーツガ群集	ヤナギ高木林	ケヤキームクノキ群集	ムニヒメツバキーコフガシ群集	マダケ・ハチク林
アカマツ群落	ドロノキーオオバヤナギ群落	ヒメウバミソウーケヤキ群集	ムニヒメツバキーシマオオタニワタリ群集	常緑果樹園
アカマツーイヌノキ群落	オオバヤナギードロノキ群集	ミスキーウリノキ群落	シマホルトノキーウドノキ群集	落葉果樹園
クロマツ群落	ドロノキーオオバヤナギ群集	コクサギーケヤキ群集	モクダチバナーセキモンノキ群集	落葉果樹園・ハゼノキ植栽
リュウキュウマツ群落	ケシヨウヤナギ群落	ケヤキーイロハモミジ群集	モモタマナーテリハボク群落	茶園
コウヤマキ群落	シロヤナギ群落	イロハモミジーケヤキ群集	ワダンノキ群集	菜畑
ハスノハギリーモモタマナ群集	ヤナギ低木群落	アラカシ群落	コハノアカテツームニシアオガシ群集	テリハボク林
イヌマキーヒトバ群落	ヤナギ低木林	アラカシージャノヒゲ群集	コハノアカテツーシマスイノキ群集	オオハマボウ林
アカマツ群落	ハンノキーヤチタモ群集	アラカシーナンテン群集	ハスノハキ群集	ヒロウ植林
アカマツーアカガシ群落	ヤチタモーハンノキ群落	アマミアカガシ群落	イロシデ群落	マルバアキグミ植林
ヤブツツジーアカマツ群集	ヤチタモ群落	マテハンイ群落	イロシデーウツクハネウツギ群集	マルバオオシラフナ群落
アカマツーヤマツツジ群集	ヤチタモーハンノキ群集	イチイガシ群落	クスノキ群落	アカマツ群落
オオツツジーアカマツ群集	ハンノキ群落	イチイガシ群落	シラカシーケヤキ屋敷林	センタン群落
アカマツーオオツツジ群集	ヤマハンノキ群落	ルリノキーイチイガシ群集	ナギ群落	
モチツツジーアカマツ群集	自然低木群落	ルリノキーイチイガシ群集ハナガシ群集	カケアジサイーヒサカキ群落	
アカマツーモチツツジ群集	自然低木林	シラカシ群集	チキーオオハンソテツ群集	畑地地域
コハノミツツツジーアカマツ群集	山地低木林	シラカシ群落	ハンカガシ群落	
クロマツ群落	カンワ群落	ツクハネカシーシラカシ群集	モクダチバナーテリハボク群集	
モミ群落	ヒメヤシヤブシータニウツギ群落	サカキーコジイ群集	コナラ群落	畑地雑草群落
アカマツーサイコクミツツツツ群集	タイセンヤナギータニウツギ群落	シイーカナメモチ群集	アベマキ群落	畑地
常緑針葉樹植林	ミヤマキリシマーマイツルソウ群集	シイトドマツカサ群落	クサギーコナラ群落	耕作畑雑草群落
マツ植林	ミヤマキリシマ群落	ツツジシダーサカキ群集	クスギーコナラ群集	休耕畑地
リュウキュウマツ林	コメツツジ群落	サカキーコジイ群落	コナラークスギ群集	
イヌノキ植林	ヤシヤブ群落	コジイーカナメモチ群集	アカマツーコナラ群落	
ウラジロモミ植林	イヌシデーアカシデ自然林	コジイークロハバ群集	クスギ群落	
リュウキュウマツ植林	イヌシデーアカシデ群落	シロバネーコジイ群落	コナラーオニシバリ群集	水田地域
			コナラーオニシバリ群集	水田雑草群落
				水田

表 2 園部川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位

	水位－流量曲線式	適用水位
1998 年	$Q=23.81(H-0.36)^2$	0.36m～4.11m
1999 年	$Q=10.85(H-0.32)^2$	0.32m～5.23m
2000 年	$Q=22.37(H-0.35)^2$	0.35m～5.23m
2001 年	$Q=22.37(H-0.35)^2$	0.35m～5.23m
2002 年	$Q=22.37(H-0.35)^2$	0.35m～5.23m
2003 年	$Q=22.37(H-0.35)^2$	0.35m～5.23m
2004 年	$Q=20.89(H-0.23)^2$	0.23m～1.36m
	$Q=8.49(H+0.41)^2$	1.37m～1.65m
	$Q=21.36(H-0.35)^2$	1.66m～5.23m
2005 年	$Q=39.89(H-0.38)^2$	0.38m～4.55m

※式中のQは流量（単位：m³）、Hは水位（単位：m）

表 3 小野川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位

	水位－流量曲線式	適用水位
1998 年	$Q=5.99(H-1.23)^2$	1.23m～6.67m
1999 年	$Q=5.99(H-1.23)^2$	1.23m～6.67m
2000 年	$Q=5.99(H-1.23)^2$	1.23m～6.67m
2001 年	$Q=5.99(H-1.23)^2$	1.23m～6.67m
2002 年	$Q=7.44(H-1.22)^2$	1.22m～6.34m
2003 年	$Q=6.83(H-1.15)^2$	1.15m～2.76m
	$Q=3.98(H-0.65)^2$	2.77m～8.03m
2004 年	$Q=6.83(H-1.15)^2$	1.15m～2.76m
	$Q=3.98(H-0.65)^2$	2.77m～8.03m
2005 年	$Q=6.91(H-1.13)^2$	1.42m～3.59m

※式中のQは流量（単位：m³）、Hは水位（単位：m）

表 4 桜川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位

	水位－流量曲線式	適用水位
1998 年	$Q=9.27(H-0.24)^2$	0.24m～4.54m
1999 年	$Q=9.27(H-0.24)^2$	0.24m～4.54m
2000 年	$Q=9.27(H-0.24)^2$	0.24m～4.54m
2001 年	$Q=9.27(H-0.24)^2$	0.24m～4.54m
2002 年	$Q=10.56(H-0.33)^2$	0.33m～11.16m
2003 年	$Q=11.71(H-0.31)^2$	0.31m～1.84m
	$Q=6.65(H+0.19)^2$	1.85m～4.30m
	$Q=23.70(H-1.92)^2$	4.31m～11.29m
2004 年	$Q=11.71(H-0.31)^2$	0.31m～1.84m
	$Q=6.65(H+0.19)^2$	1.85m～4.30m
	$Q=23.70(H-1.92)^2$	4.31m～11.29m
2005 年	$Q=15.84(H-0.55)^2$	0.86m～2.37m
	$Q=4.16(H+1.18)^2$	2.38m～4.14m

※式中のQは流量（単位：m³）、Hは水位（単位：m）

表 5 巴川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位

	水位－流量曲線式	適用水位
1998 年	$Q=5.32(H+0.20)^2$	0.00m～1.56m
1999 年	$Q=6.72(H+0.14)^2$	0.00m～3.92m
2000 年	$Q=5.51(H-0.86)^2$	0.86m～3.92m
2001 年	$Q=5.85(H-0.80)^2$	0.80m～5.17m
2002 年	$Q=5.85(H-0.80)^2$	0.80m～5.17m
2003 年	$Q=5.85(H-0.80)^2$	0.80m～5.17m
2004 年	$Q=5.34(H-0.699)^2$	0.69m～6.04m
2005 年	$Q=4.62(H-0.51)^2$	1.16m～3.25m

※式中のQは流量（単位：m³）、Hは水位（単位：m）

表 6 清明川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位

	水位－流量曲線式	適用水位
1998 年	$Q=3.82(H-2.83)^2$	2.83m～7.06m
1999 年	$Q=3.82(H-2.83)^2$	2.83m～7.06m
2000 年	$Q=3.82(H-2.83)^2$	2.83m～7.06m
2001 年	$Q=3.82(H-2.83)^2$	2.83m～7.06m
2002 年	$Q=3.82(H-2.83)^2$	2.83m～7.06m
2003 年	$Q=3.70(H-2.78)^2$	0.99m～3.29m
2004 年	$Q=7.40(H-2.78)^2$	2.86m～4.16m
	$Q=3.09(H-2.15)^2$	4.17m～8.53m
2005 年	$Q=7.34(H-2.83)^2$	2.98m～4.09m
	$Q=3.09(H-2.15)^2$	4.10m～4.80m

※式中のQは流量（単位：m³）、Hは水位（単位：m）

表 7 鉾田川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位

	水位－流量曲線式	適用水位
1998 年	$Q=5.85(H-0.82)^2$	0.82m～3.45m
1999 年	$Q=5.85(H-0.82)^2$	0.82m～3.45m
2000 年	$Q=5.85(H-0.82)^2$	0.82m～3.45m
2001 年	$Q=5.85(H-0.82)^2$	0.82m～3.45m
2002 年	$Q=5.85(H-0.82)^2$	0.82m～3.45m
2003 年	$Q=2.46(H-0.58)^2$	2.06m～4.27m
2004 年	$Q=8.15(H-0.81)^2$	0.81m～1.86m
	$Q=11.35(H-0.97)^2$	1.87m～5.56m
2005 年	$Q=2.43(H-0.69)^2$	0.83m～1.11m
	$Q=15.01(H-0.94)^2$	1.12m～2.10m

※式中のQは流量（単位：m³）、Hは水位（単位：m）

表 8 恋瀬川流域 水位－流量曲線式 適用期間・水位

	水位－流量曲線式	適用水位
1998 年	$Q=10.94(H-0.38)^2$	0.38m～3.82m
1999 年	$Q=10.94(H-0.38)^2$	0.38m～3.82m
2000 年	$Q=10.94(H-0.38)^2$	0.38m～3.82m
2001 年	$Q=10.94(H-0.38)^2$	0.38m～3.82m
2002 年	$Q=13.01(H-0.53)^2$	0.53m～9.19m
2003 年	$Q=16.04(H-0.51)^2$	0.51m～1.94m
	$Q=7.02(H+0.22)^2$	1.95m～9.40m
2004 年	$Q=16.04(H-0.51)^2$	0.51m～1.94m
	$Q=7.02(H+0.22)^2$	1.95m～9.40m
2005 年	$Q=15.90(H-0.72)^2$	0.85m～2.43m
	$Q=14.19(H-0.62)^2$	2.44m～2.98m

※式中のQは流量（単位：m³）、Hは水位（単位：m）

表 9 園部川流域の水収支

	雨量 (mm/年)	比流量 (mm/年)	蒸発量 (mm/年)	流出率	洪水比流 量 (mm/年)	豊水比流 量 (mm/年)	平水比流 量 (mm/年)	低水比流 量 (mm/年)	濁水比流 量 (mm/年)
1998 年	1685	613	1072	0.48	10.51	2.30	1.59	1.03	0.57
1999 年	1218	321	897	0.35	6.74	1.34	0.84	0.59	0.38
2000 年	1231	471	760	0.51	—	—	—	—	—
2001 年	1214	410	804	0.45	14.26	1.36	0.93	0.62	0.01
2002 年	1047	354	693	0.45	6.51	1.35	0.97	0.75	0.21
2003 年	1389	507	882	0.64	9.85	1.75	1.29	0.96	0.63
2004 年	1367	1082	285	1.06	—	—	—	—	—
2005 年	1140	916	224	0.82	17.44	2.43	1.85	1.41	0.92
平均	1286	732	702	0.56	10.88	1.75	1.25	0.89	0.45

※－：データなし（355 日未満しか流量のデータがなく、流況曲線を作らなかったため）

表 10 小野川流域の水収支

	雨量 (mm/年)	比流量 (mm/年)	蒸発量 (mm/年)	流出率	洪水比流 量 (mm/年)	豊水比流 量 (mm/年)	平水比流 量 (mm/年)	低水比流 量 (mm/年)	渇水比流 量 (mm/年)
1998年	1437	487	950	0.45	6.66	1.14	0.76	0.61	0.44
1999年	1093	250	843	0.30	6.87	0.76	0.60	0.47	0.33
2000年	1233	250	983	0.27	4.89	0.76	0.56	0.44	0.30
2001年	1105	203	902	0.23	4.70	0.65	0.46	0.33	0.06
2002年	962	219	743	0.29	4.39	0.74	0.55	0.46	0.26
2003年	1290	383	907	0.38	9.03	1.21	0.93	0.81	0.63
2004年	1396	419	977	0.39	11.80	1.15	0.79	0.59	0.34
2005年	1133	458	675	0.41	9.02	1.16	0.92	0.79	0.67
平均	1206	421	872	0.33	7.17	0.95	0.70	0.56	0.38

表 11 桜川流域の水収支

	雨量 (mm/年)	比流量 (mm/年)	蒸発量 (mm/年)	流出率	洪水比流 量 (mm/年)	豊水比流 量 (mm/年)	平水比流 量 (mm/年)	低水比流 量 (mm/年)	渇水比流 量 (mm/年)
1998年	1605	733	872	0.60	17.27	2.46	1.52	1.02	0.77
1999年	1178	514	664	0.58	16.21	1.52	1.10	0.80	0.59
2000年	1251	582	669	0.61	—	—	—	—	—
2001年	1264	581	683	0.61	10.21	2.01	1.43	1.17	0.68
2002年	1037	437	600	0.56	7.22	1.57	1.11	0.89	0.49
2003年	1264	609	655	0.63	11.11	2.22	1.63	1.33	1.02
2004年	1294	648	646	0.65	—	—	—	—	—
2005年	1064	588	476	0.55	13.08	1.44	1.03	0.81	0.43
平均	1245	748	658	0.61	12.52	1.87	1.30	1.00	0.66

※－：データなし（355日未満しか流量のデータがなく、流況曲線を作らなかったため）

表 12 巴川流域の水収支

	雨量 (mm/年)	比流量 (mm/年)	蒸発量 (mm/年)	流出率	洪水比流 量 (mm/年)	豊水比流 量 (mm/年)	平水比流 量 (mm/年)	低水比流 量 (mm/年)	濁水比流 量 (mm/年)
1998年	1617	543	1074	0.45	7.31	2.10	1.54	1.23	0.85
1999年	1244	404	840	0.43	9.78	1.27	1.08	0.99	0.87
2000年	1191	229	962	0.25	—	—	—	—	—
2001年	1186	502	684	0.56	9.24	1.73	1.38	1.16	0.97
2002年	1050	453	597	0.56	4.91	1.64	1.39	1.21	0.97
2003年	1289	576	713	0.59	8.89	2.06	1.68	1.36	1.09
2004年	1320	648	672	0.64	17.50	1.97	1.65	1.36	1.11
2005年	1089	771	318	0.73	10.09	2.07	1.79	1.57	1.38
平均	1248	648	732	0.50	9.68	1.83	1.50	1.27	1.04

※—：データなし（355日未満しか流量のデータがなく、流況曲線を作らなかったため）

表 13 清明川流域の水収支

	雨量 (mm/年)	比流量 (mm/年)	蒸発量 (mm/年)	流出率	洪水比流 量 (mm/年)	豊水比流 量 (mm/年)	平水比流 量 (mm/年)	低水比流 量 (mm/年)	濁水比流 量 (mm/年)
1998年	1368	630	738	0.61	8.51	2.57	1.72	1.35	1.01
1999年	996	437	559	0.58	9.31	1.58	1.24	1.05	0.86
2000年	1147	461	686	0.53	6.22	1.66	1.22	1.06	0.93
2001年	1142	464	678	0.54	7.55	1.62	1.23	1.05	0.88
2002年	951	362	589	0.50	7.52	1.28	0.98	0.88	0.78
2003年	1237	530	707	0.57	8.16	1.76	1.51	1.34	1.14
2004年	1286	675	611	0.70	16.75	2.11	1.54	1.36	1.13
2005年	1093	882	211	0.83	12.65	2.38	1.99	1.72	1.46
平均	1153	695	597	0.57	9.58	1.87	1.43	1.23	1.02

表 14 銚田川流域の水収支

	雨量 (mm/年)	比流量 (mm/年)	蒸発量 (mm/年)	流出率	洪水比流 量 (mm/年)	豊水比流 量 (mm/年)	平水比流 量 (mm/年)	低水比流 量 (mm/年)	渇水比流 量 (mm/年)
1998年	1527	497	1030	0.42	6.22	2.03	1.55	1.20	0.92
1999年	1255	473	782	0.49	6.61	2.07	1.42	1.13	0.71
2000年	1188	683	505	0.79	8.53	2.35	1.91	1.60	0.84
2001年	1188	376	812	0.41	6.98	1.81	1.11	0.78	0.01
2002年	1080	340	740	0.43	3.54	1.39	1.09	0.90	0.52
2003年	1345	462	883	0.49	3.54	1.77	1.56	1.40	1.23
2004年	1451	673	778	0.65	21.39	2.19	1.77	1.39	0.48
2005年	1125	685	440	0.68	8.89	1.90	1.49	1.25	0.88
平均	1270	661	746	0.52	8.21	1.94	1.49	1.21	0.70

表 15 恋瀬川流域の水収支

	雨量 (mm/年)	比流量 (mm/年)	蒸発量 (mm/年)	流出率	洪水比流 量 (mm/年)	豊水比流 量 (mm/年)	平水比流 量 (mm/年)	低水比流 量 (mm/年)	渇水比流 量 (mm/年)
1998年	1693	589	1104	0.47	13.44	2.13	1.47	1.22	0.90
1999年	1198	415	783	0.47	8.57	1.27	1.04	0.94	0.80
2000年	1224	384	840	0.41	6.77	1.36	1.01	0.81	0.66
2001年	1220	369	851	0.40	—	—	—	—	—
2002年	1048	257	791	0.32	—	—	—	—	—
2003年	1426	332	1094	0.31	—	—	—	—	—
2004年	1382	456	926	0.44	11.73	1.53	1.08	0.89	0.37
2005年	1177	493	684	0.43	8.55	1.53	0.97	0.61	0.24
平均	1296	522	884	0.40	9.81	1.56	1.12	0.89	0.59

※－：データなし（355日未満しか流量のデータがなく、流況曲線を作らなかったため）

表 16 流域平均雨量の算出方法の比較

逆-ス (霞)	RMS (mm/年)	43.00	逆-ス (小)	RMS (mm/年)	19.00	逆-ス (恋)	RMS (mm/年)	21.00
	t検定	0.07		t検定	0.03		t検定	0.04
逆-ク (霞)	RMS (mm/年)	31.00	逆-ク (小)	RMS (mm/年)	23.00	逆-ク (恋)	RMS (mm/年)	31.00
	t検定	0.16		t検定	0.10		t検定	0.11
ス-ク (霞)	RMS (mm/年)	58.00	ス-ク (小)	RMS (mm/年)	35.00	ス-ク (恋)	RMS (mm/年)	43.00
	t検定	0.23		t検定	0.13		t検定	0.15

※霞：霞ヶ浦流域全体、小：小野川流域全体、恋：恋瀬川流域全体

※逆：逆距離加重法、ス：スプライン法、ク：クリギング法

※□：2つの算出方法を比較したときに、雨量の値が多くなった方法

表 17 霞ヶ浦流域の土地利用・地形・地質と水文量の関係

y 従属変数	説明変数					重相関係数
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	
年積算比流量	森林割合 (-0.99)	沖積層割合 (0.99)	最大比高 (-0.99)	市街地割合 (0.99)	水系密度 (0.99)	1.000
年積算雨量	平均傾斜角 (-0.90)	最大比高 (0.95)	畑地割合 (-0.70)	—	—	0.923
年積算蒸発量	畑地割合 (0.640)	—	—	—	—	0.640
年流出率	沖積層割合 (1.00)	段丘堆積物 割合(0.99)	畑地割合 (-0.99)	最大比高 (0.99)	水田割合 (-0.99)	0.999
洪水比流量	沖積層割合 (0.99)	段丘堆積物 割合(0.99)	岩盤割合 (0.99)	畑地割合 (-0.99)	平均傾斜角 (0.98)	1.000
豊水比流量	沖積層割合 (0.99)	段丘堆積物 割合(0.99)	岩盤割合 (0.99)	畑地割合 (-0.99)	平均傾斜角 (0.98)	1.000
平水比流量	—	—	—	—	—	—
低水比流量	—	—	—	—	—	—
渇水比流量	畑地割合 (0.99)	段丘堆積物 割合(0.99)	沖積層割合 (0.99)	岩盤割合 (0.99)	市街地割合 (-0.99)	1.000

※ () 内は各説明変数に対する偏相関係数

※説明変数の重み：x₁ > x₂ > x₃ > x₄ > x₅

※—：その従属変数に対する説明変数なし

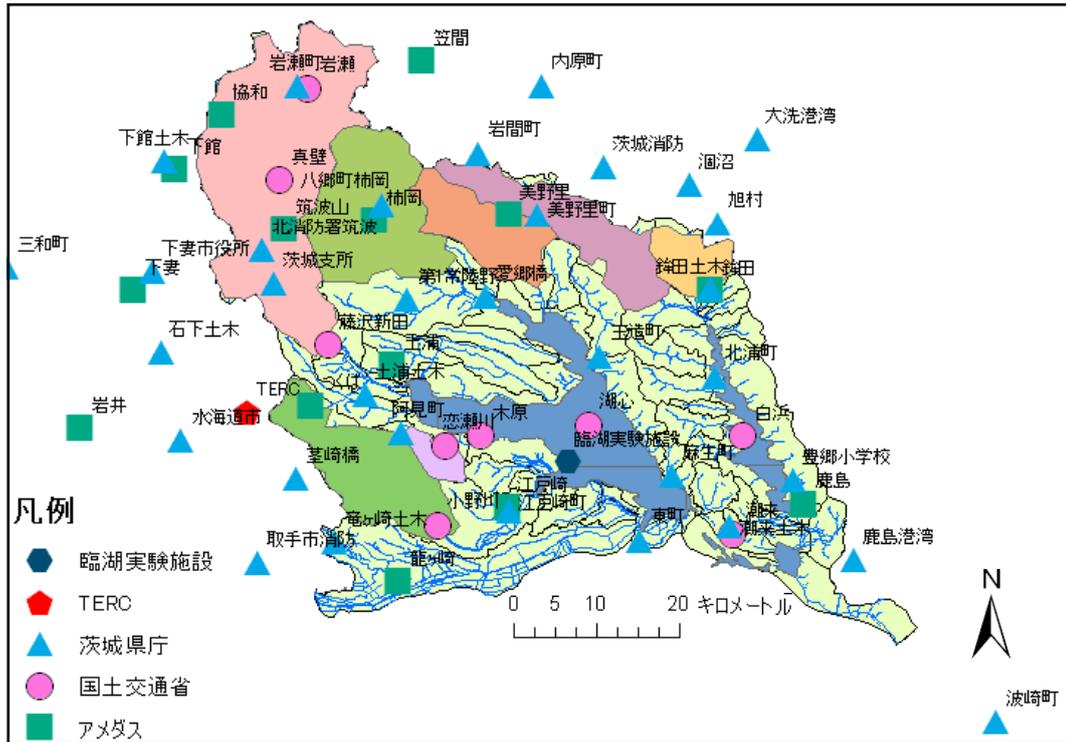


図1 霞ヶ浦流域雨量観測所

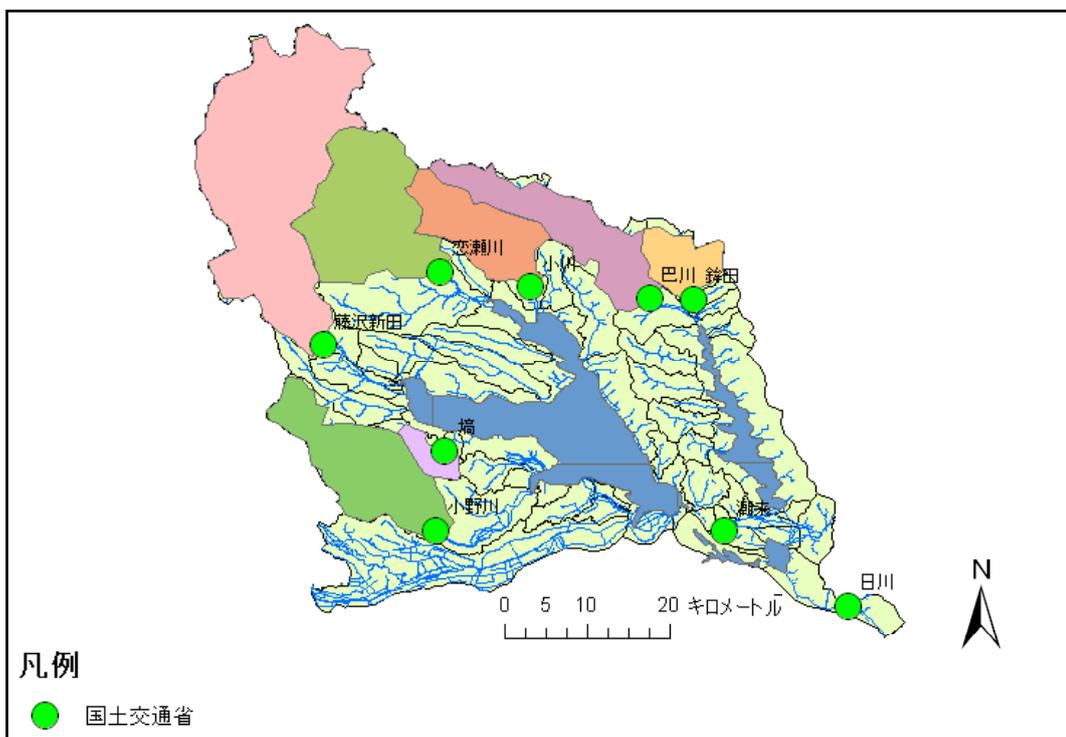


図2 霞ヶ浦流域流量観測所

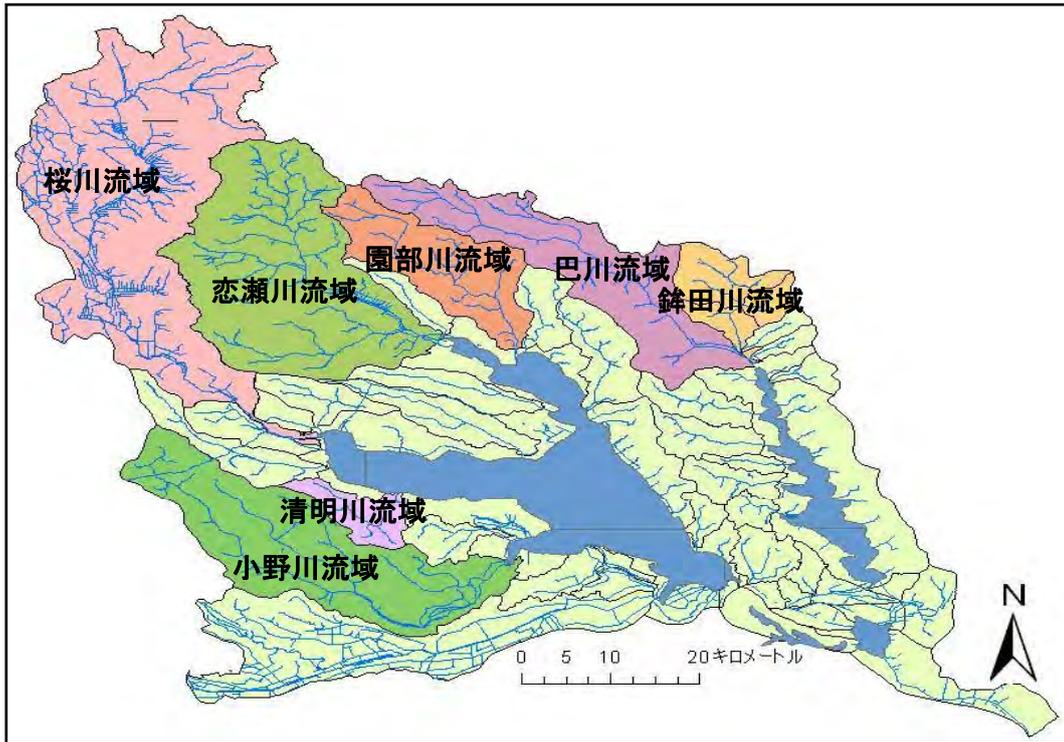


図3 霞ヶ浦支流域

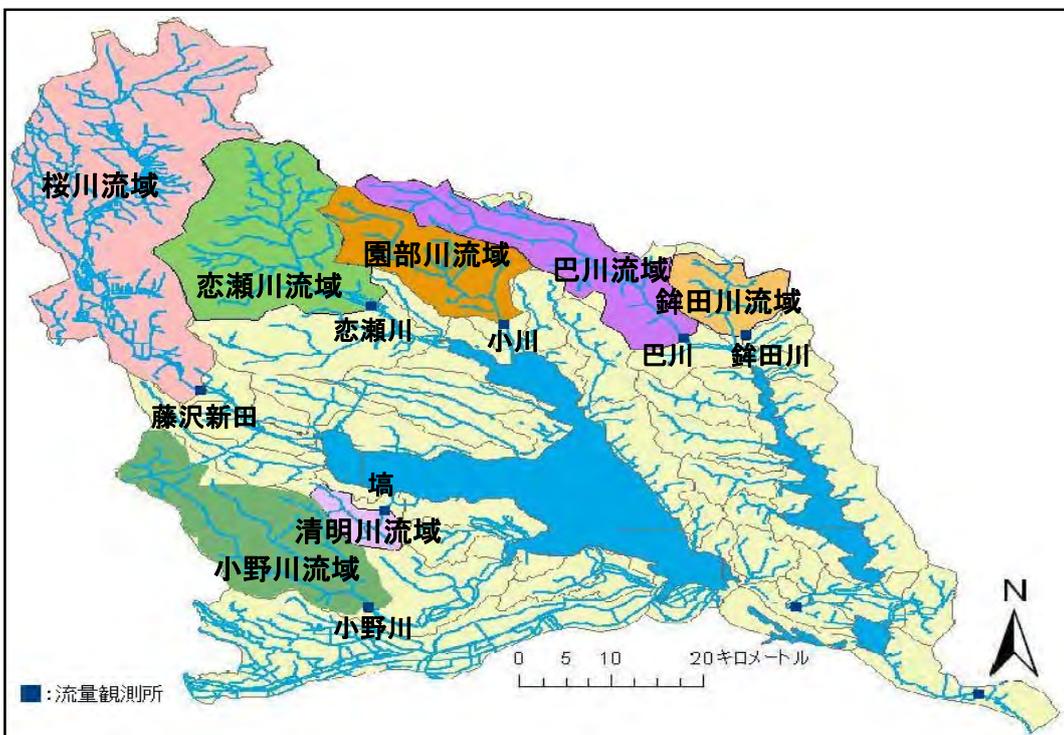


図4 各流量観測点よりも上流の霞ヶ浦支流域

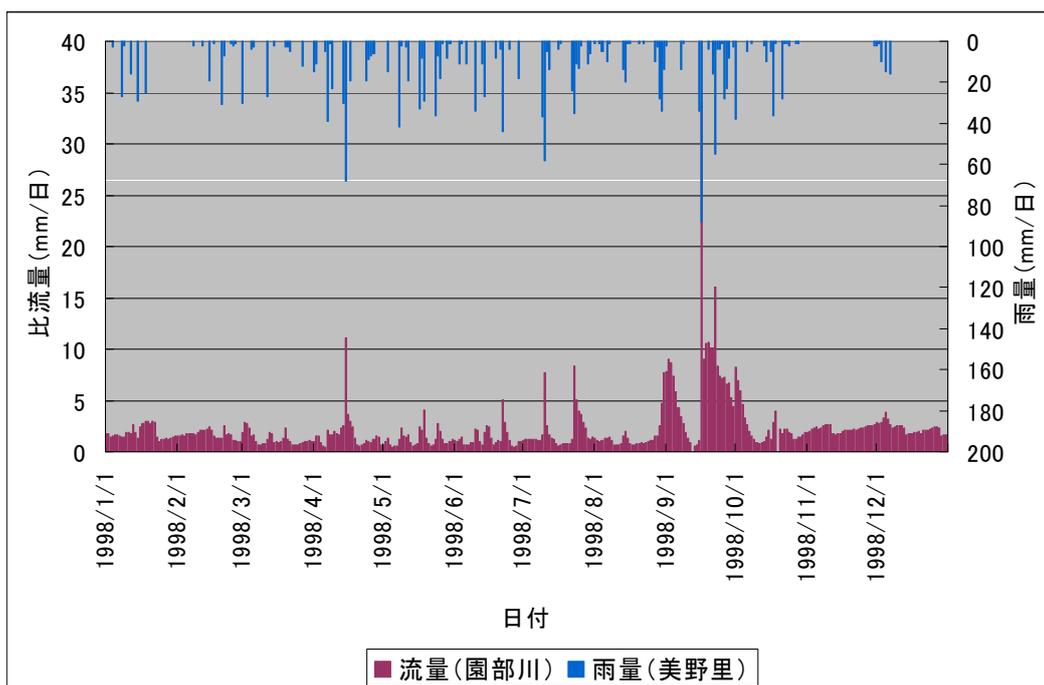


図5 園部川流域の雨量と比流量の関係(1998)

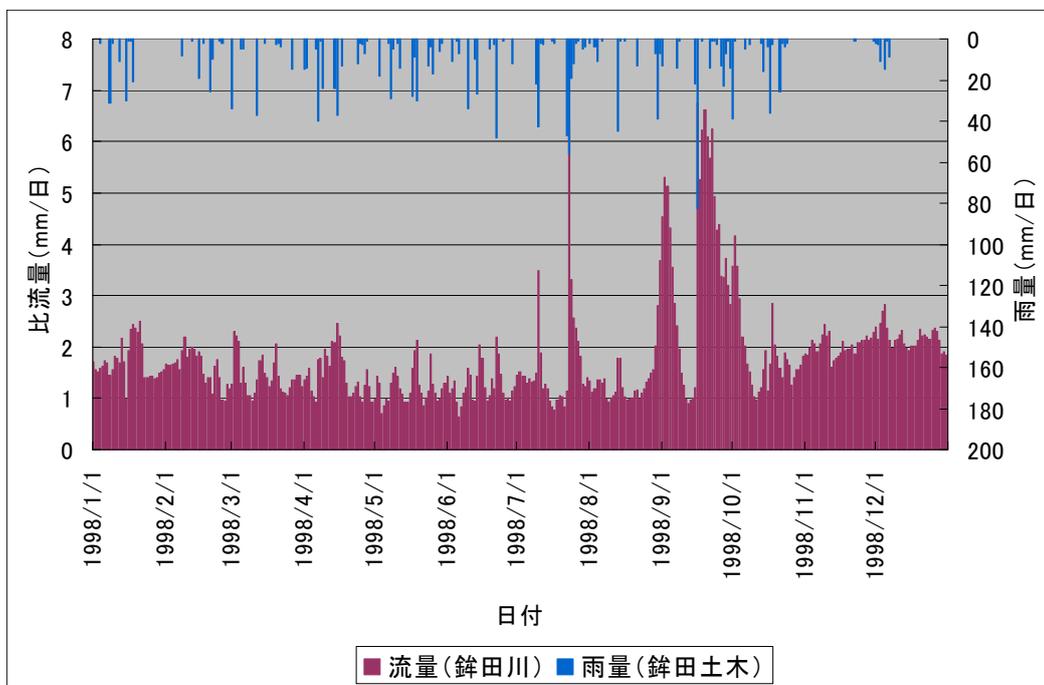


図6 鉾田川流域の雨量と比流量の関係(1998)

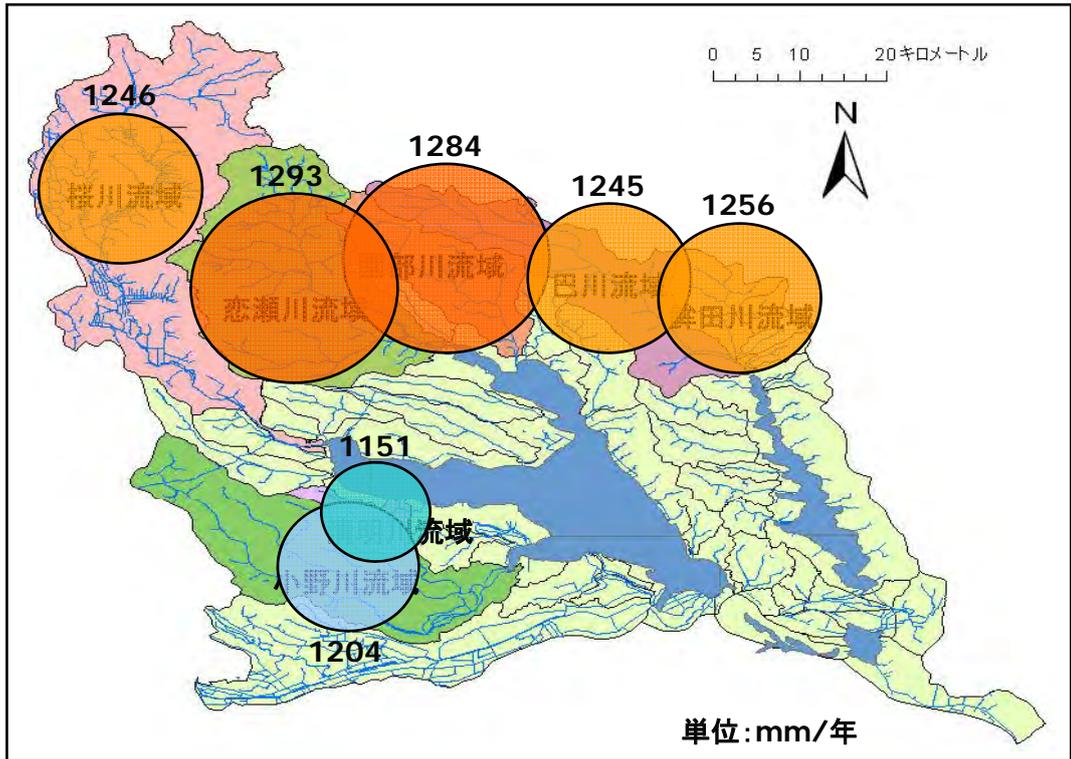


図7 霞ヶ浦支流の8年平均年積算雨量

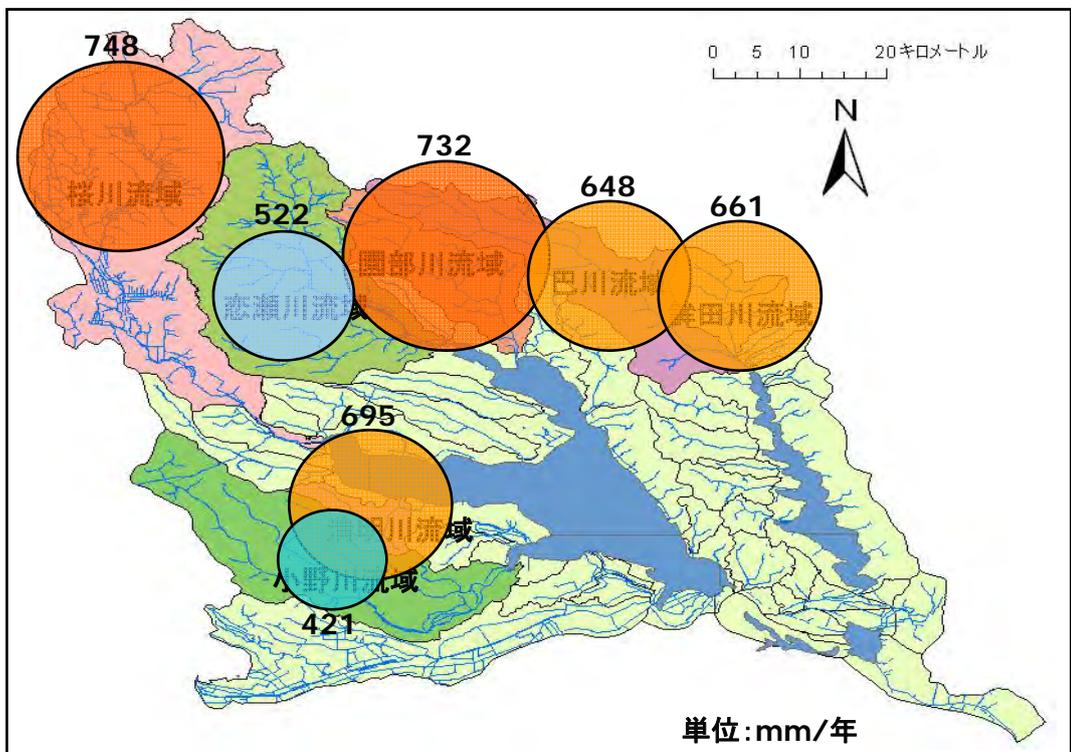


図8 霞ヶ浦支流の8年平均年積算比流量

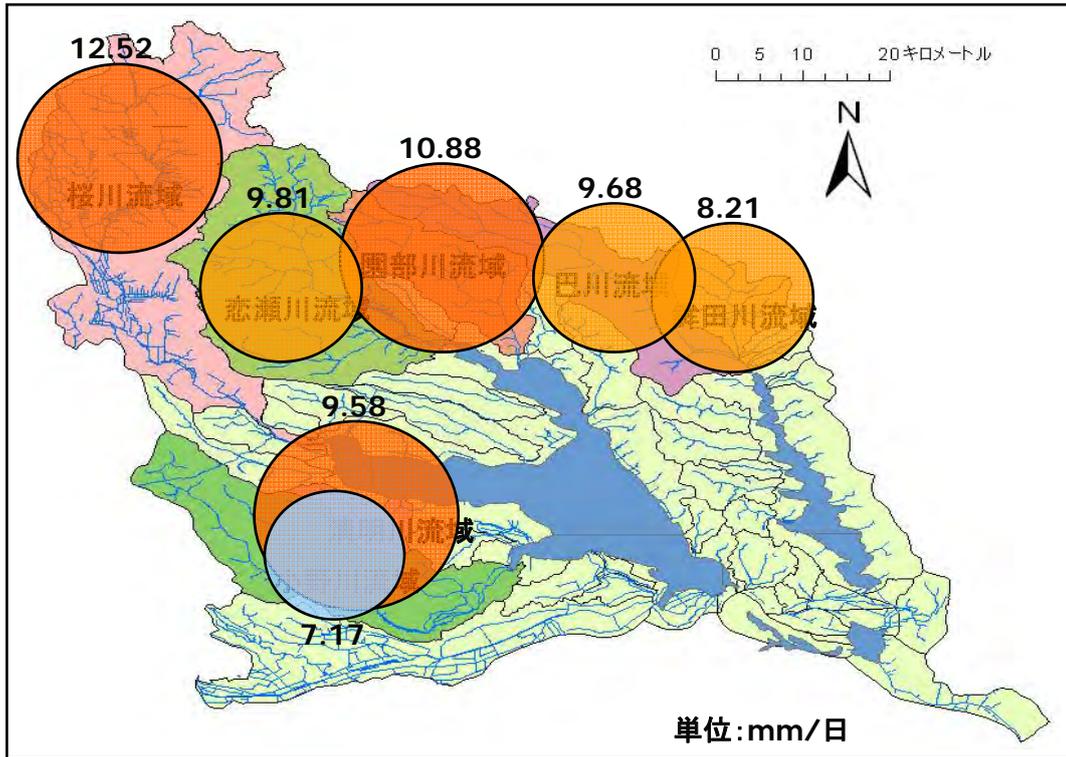


図9 霞ヶ浦支流流域の8年平均洪水比流量

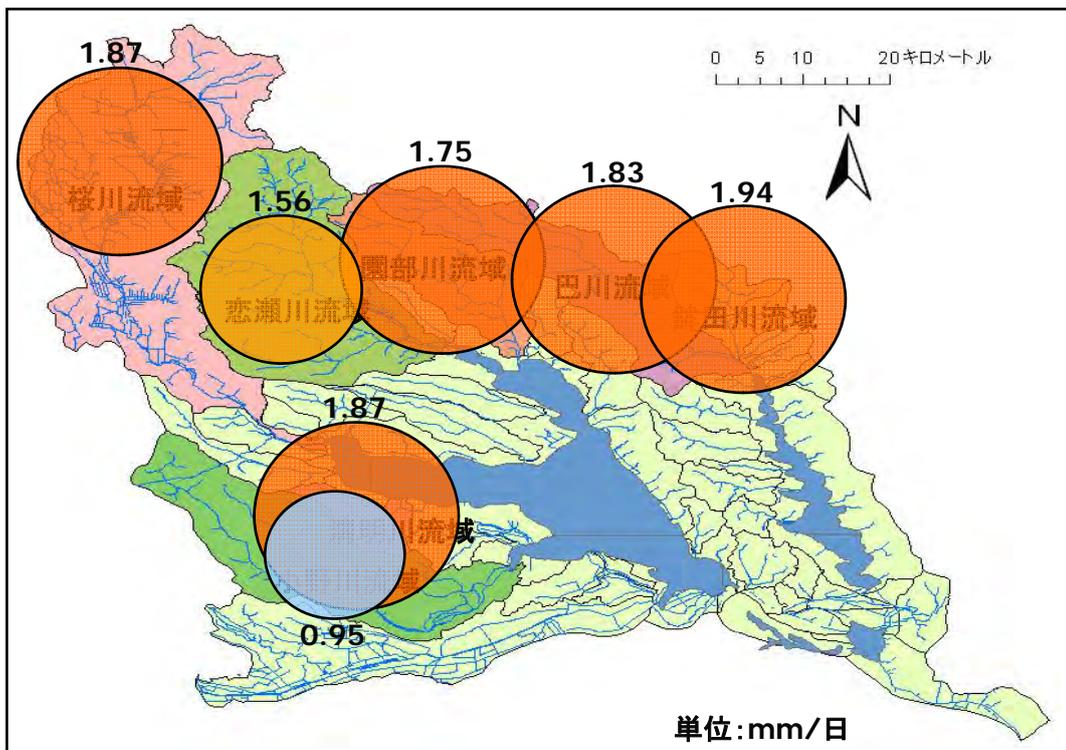


図10 霞ヶ浦支流流域の8年平均豊水比流量

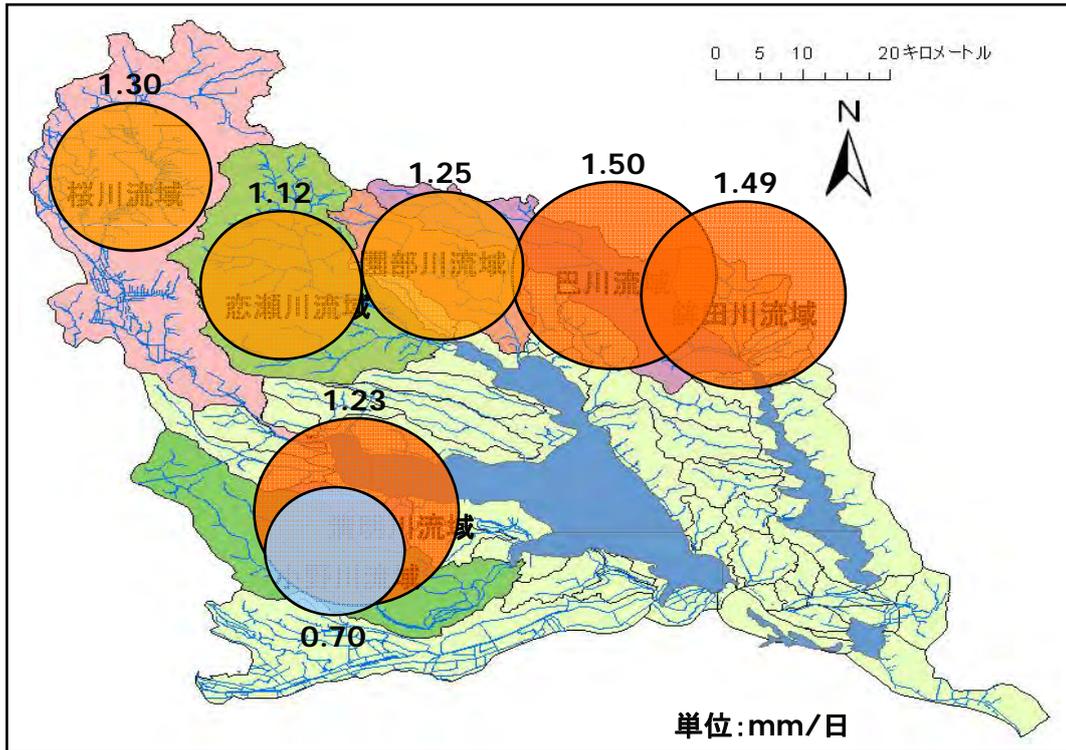


図11 霞ヶ浦支流の8年平均平水比流量

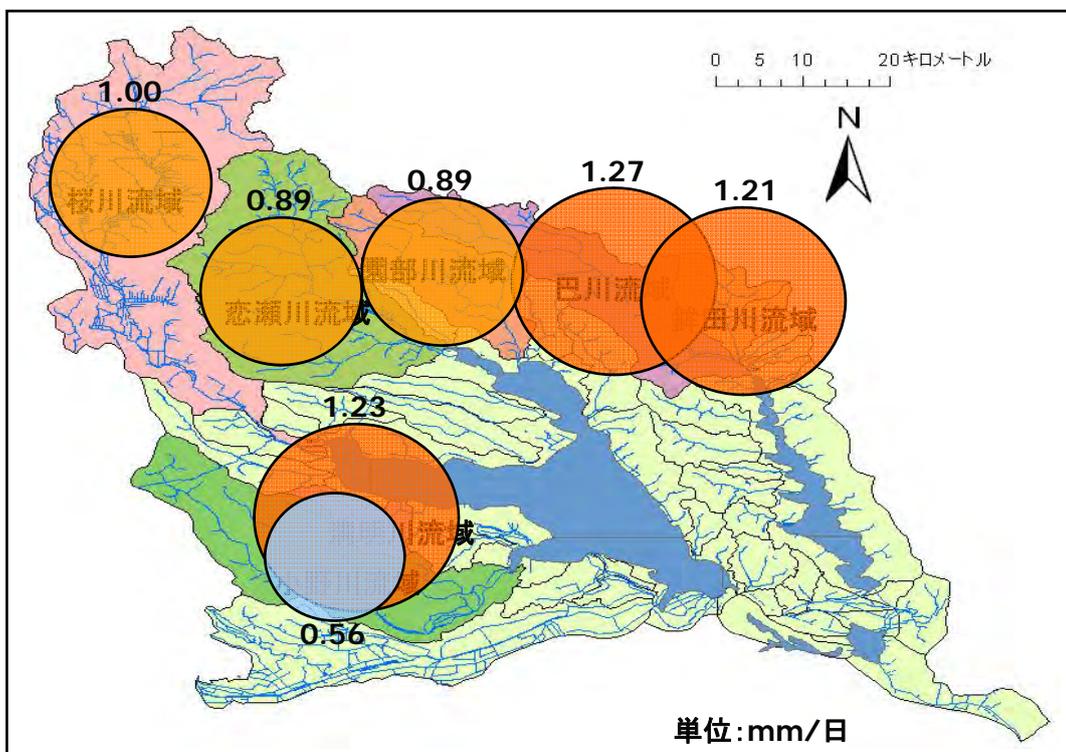


図12 霞ヶ浦支流の8年平均低水比流量

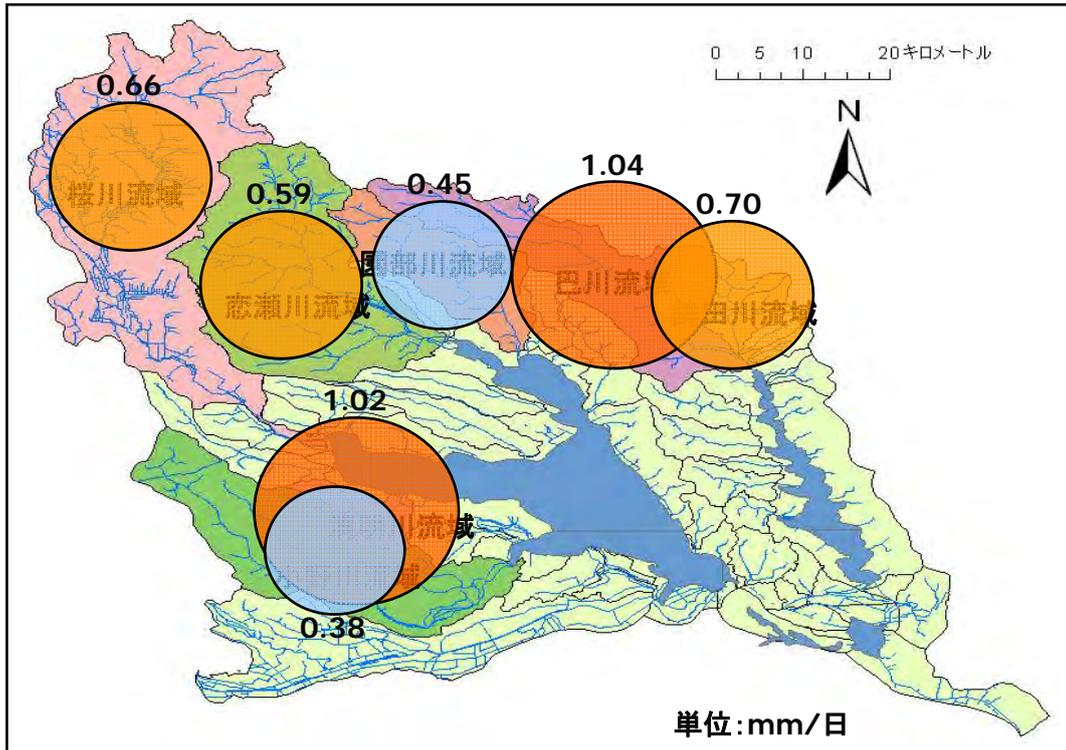


図13 霞ヶ浦支流の8年平均渇水比流量

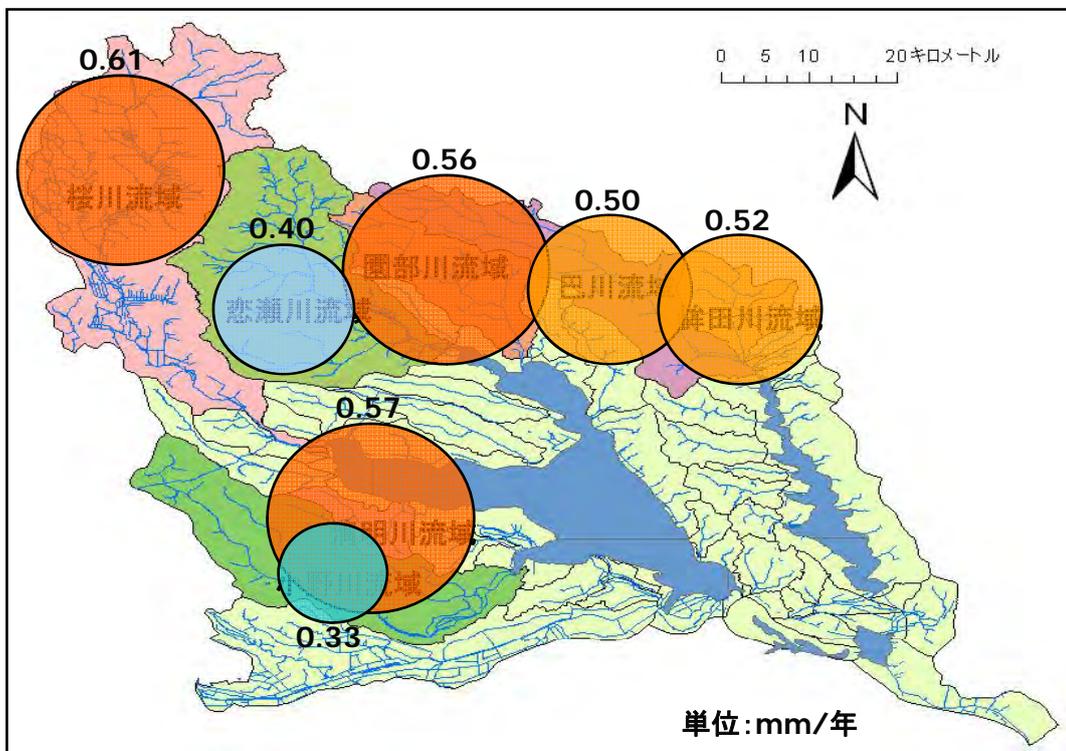


図14 霞ヶ浦支流の8年平均年流出率

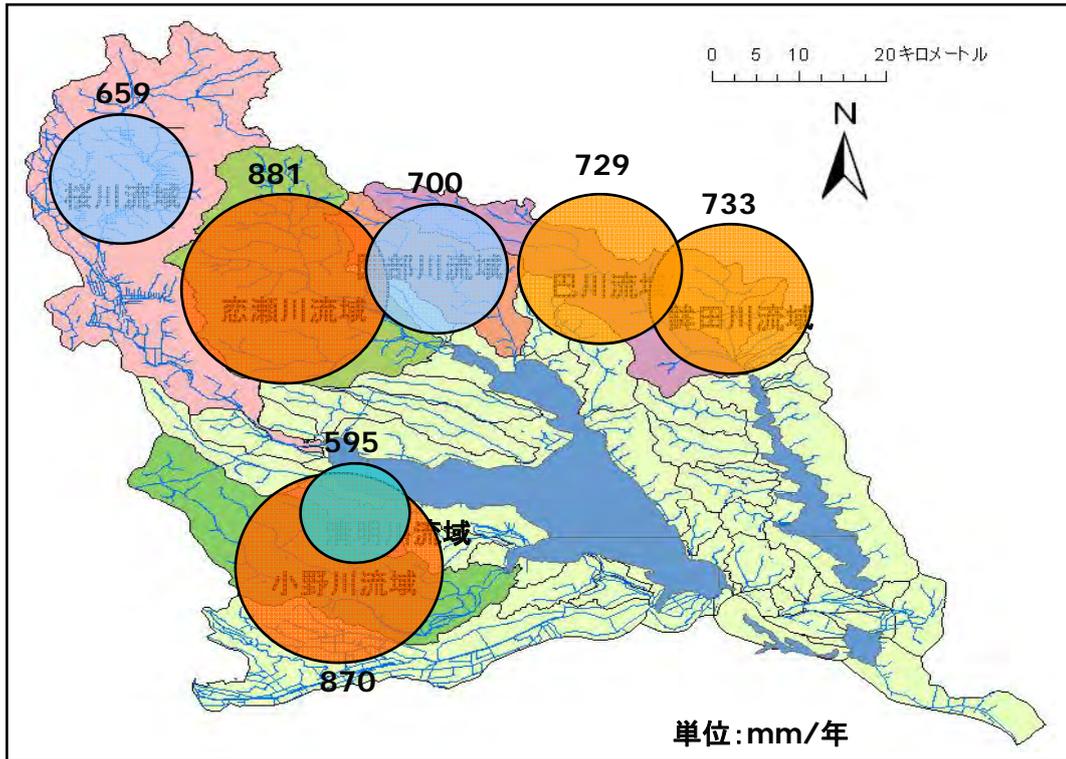


図15 霞ヶ浦流域の8年平均年積算蒸発量

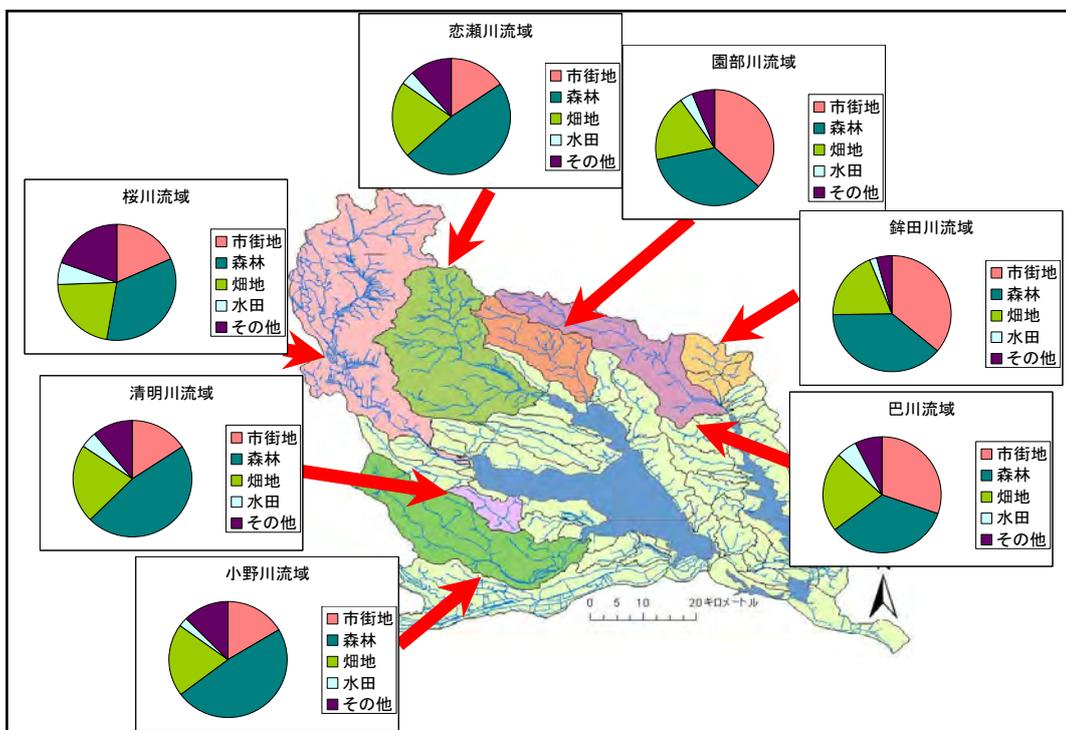


図16 霞ヶ浦流域の土地利用

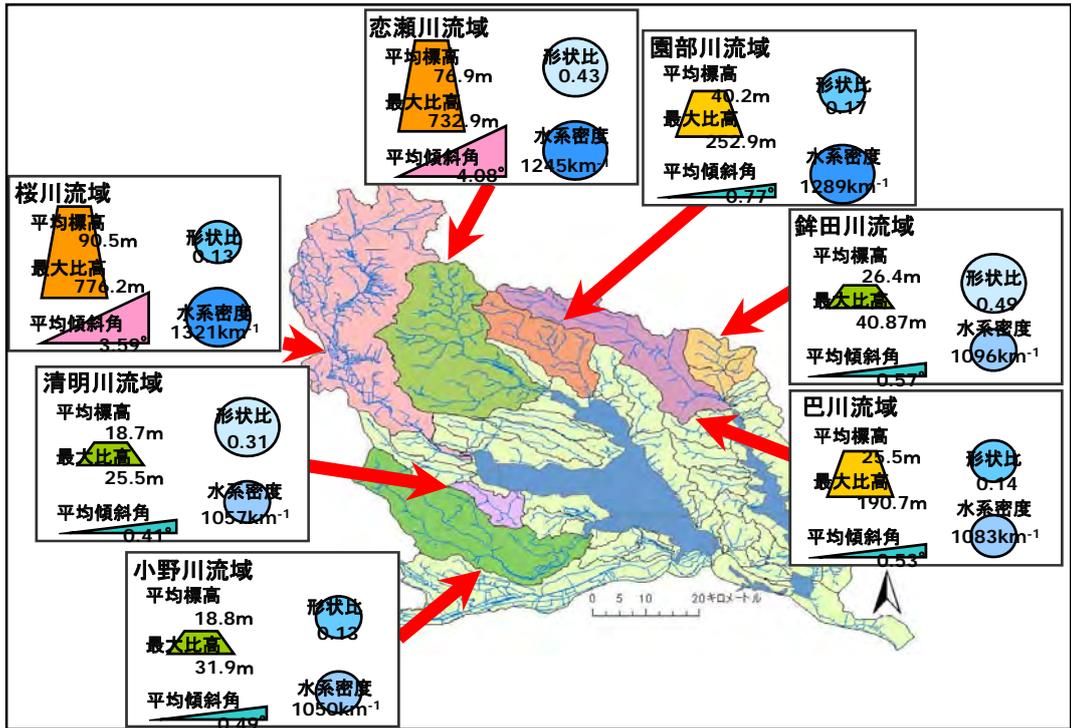


図17 霞ヶ浦流域の地形

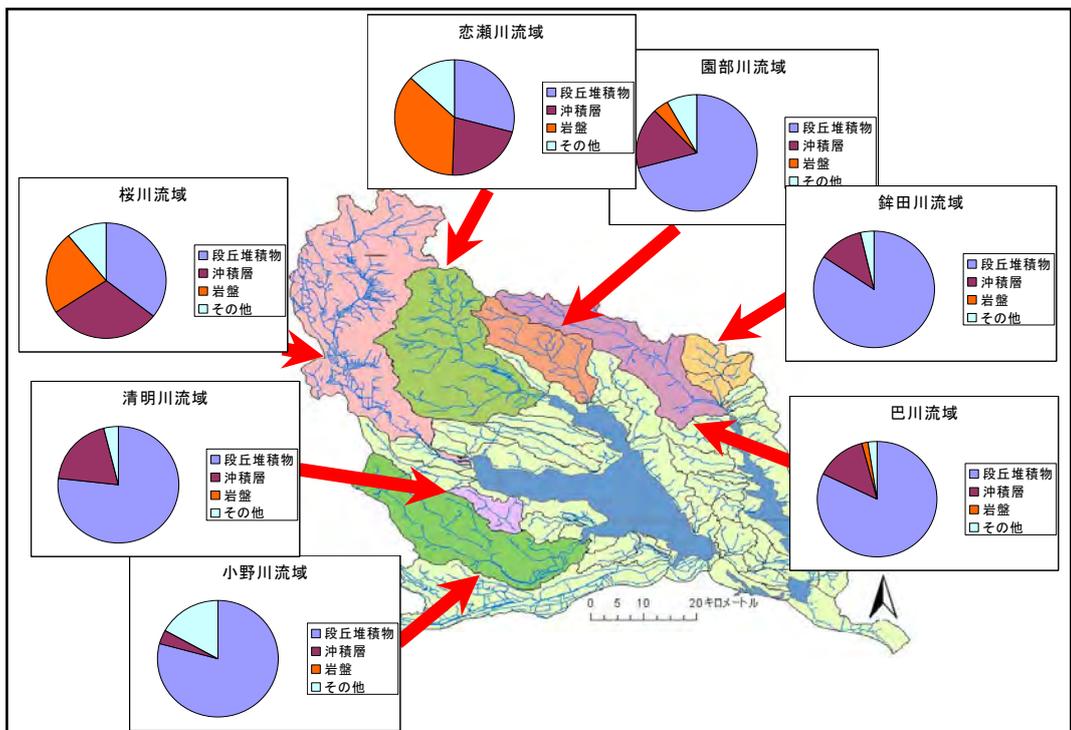


図18 霞ヶ浦流域の地質

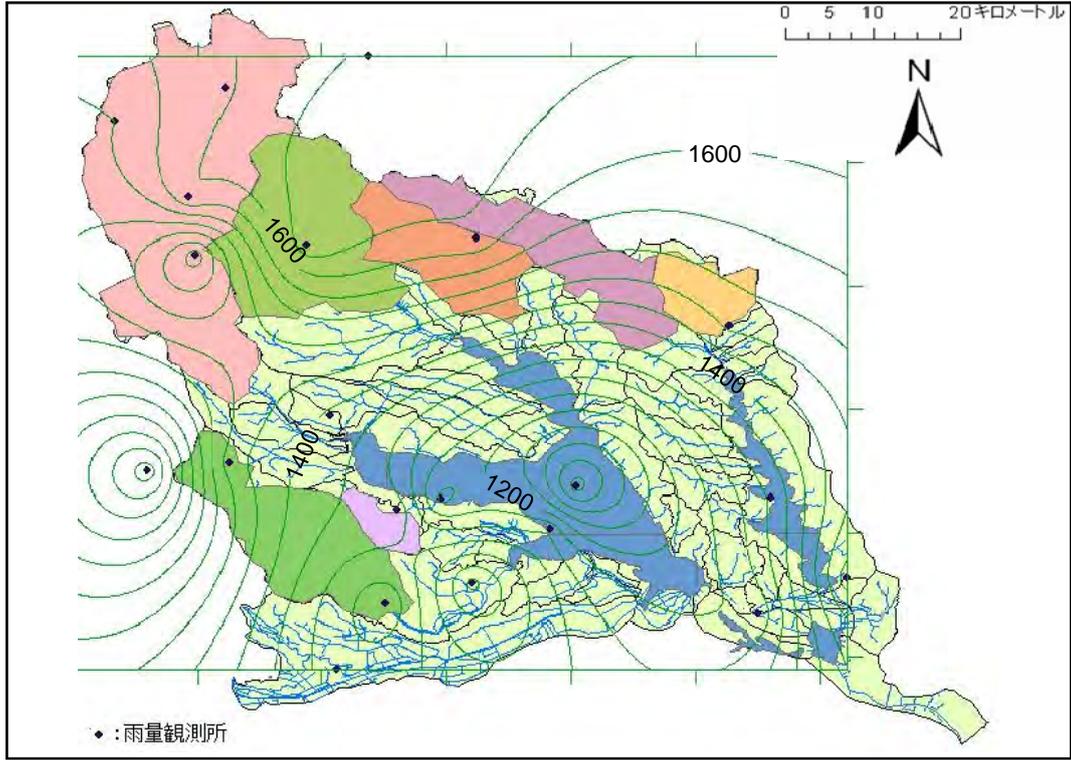


図19 霞ヶ浦流域の1998年年積算雨量分布

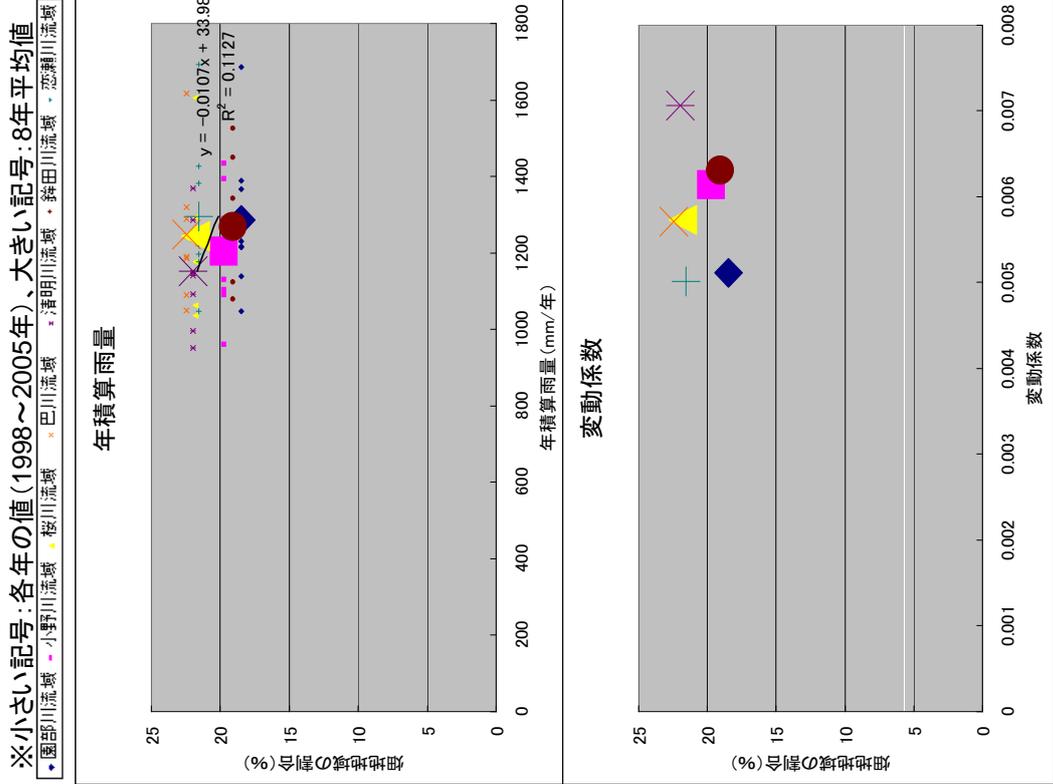


図20 霞ヶ浦支流域の畑地域の割合と年積算雨量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域

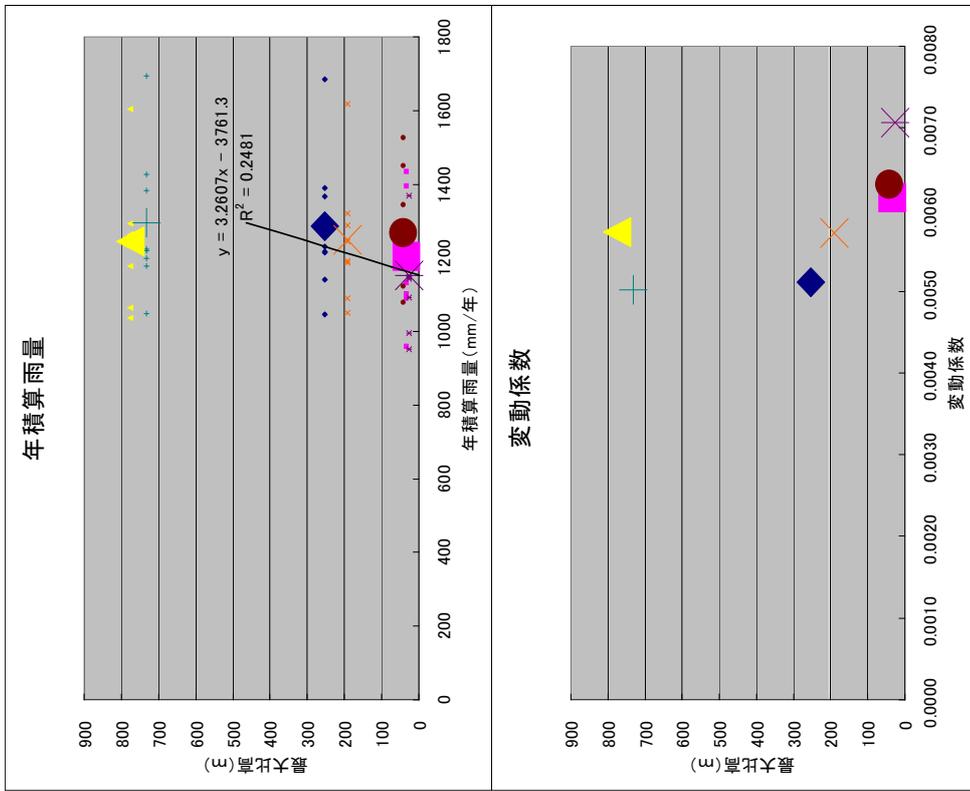


図22 霞ヶ浦支流域の最大比高と年積算雨量の関係

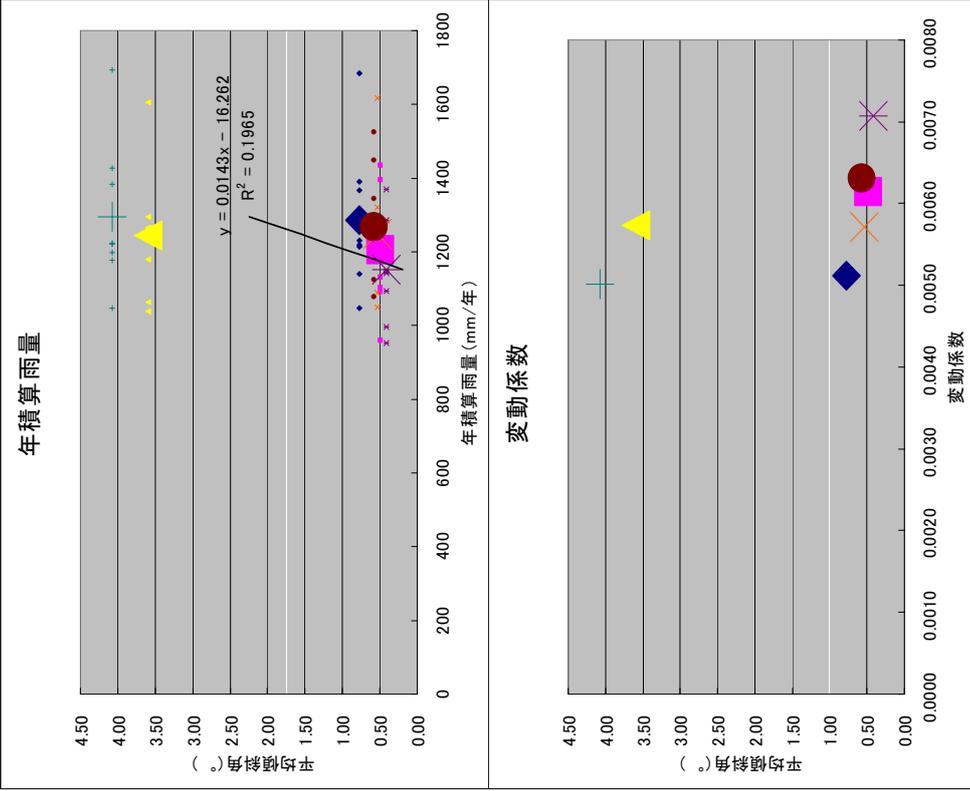


図21 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と年積算雨量の関係

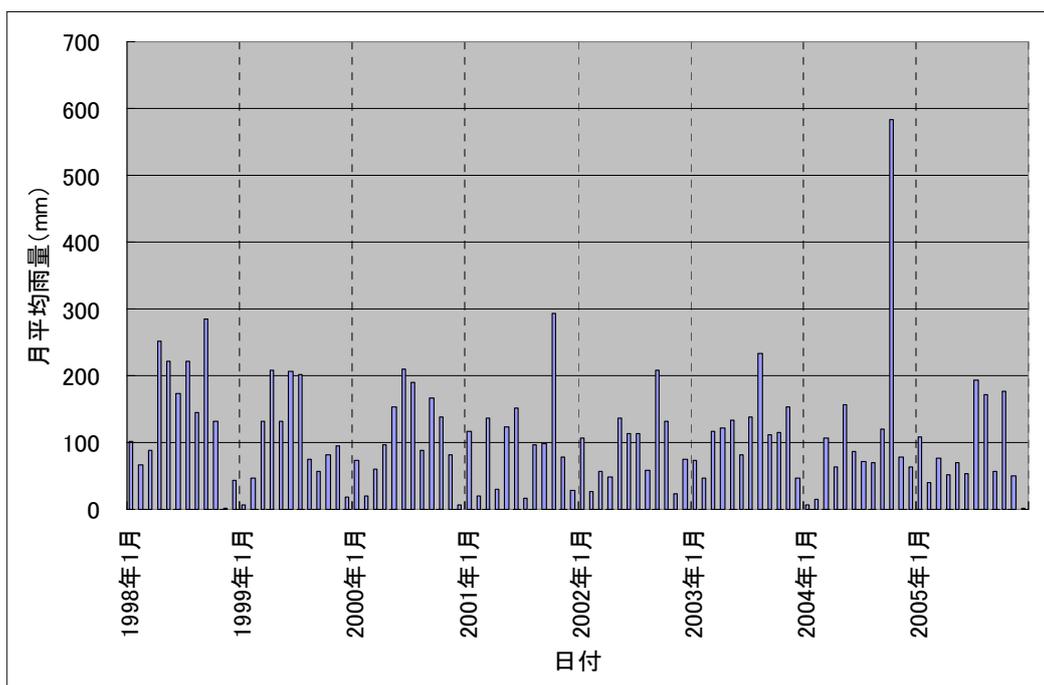


図23 園部川流域の月平均雨量変化(1998~2005)

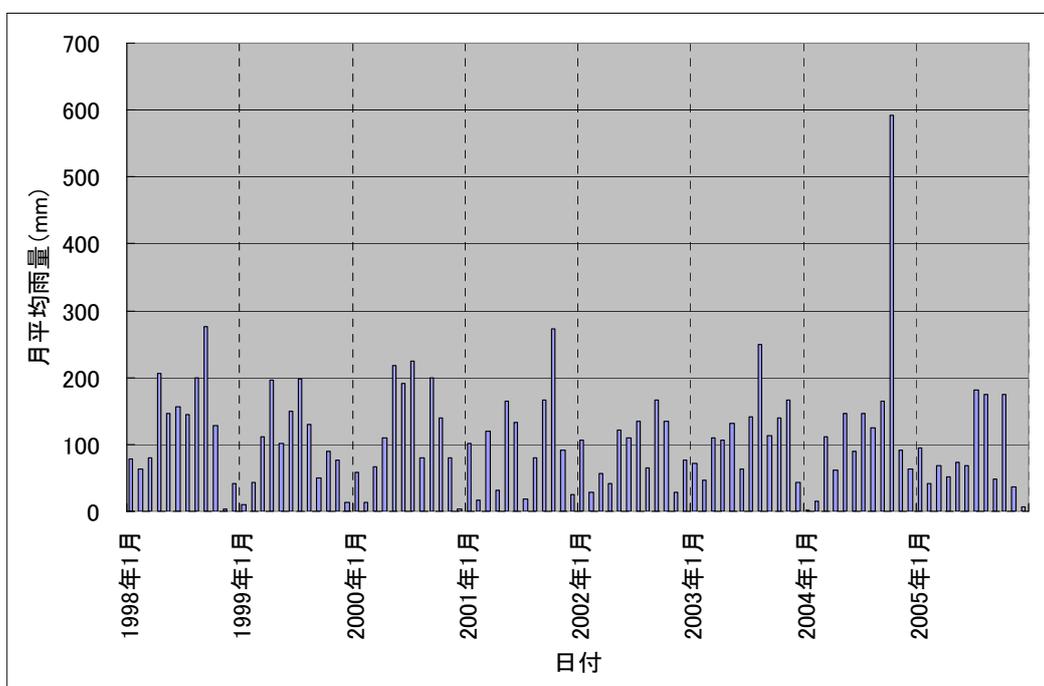


図24 小野川流域の月平均雨量変化(1998~2005)

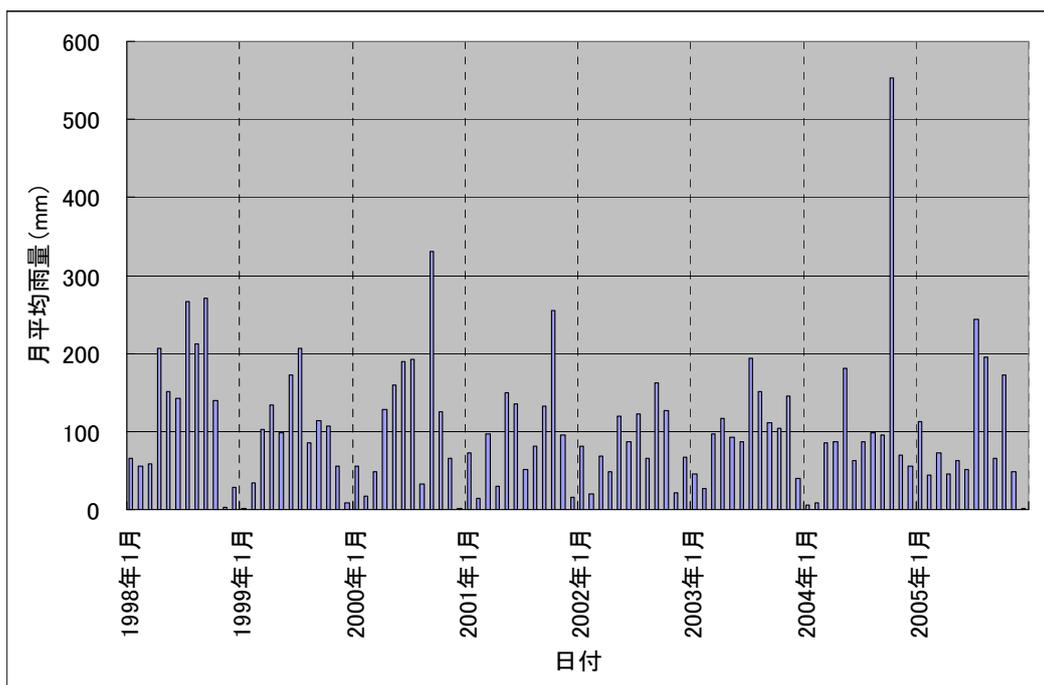


図25 桜川流域の月平均雨量変化(1998~2005)

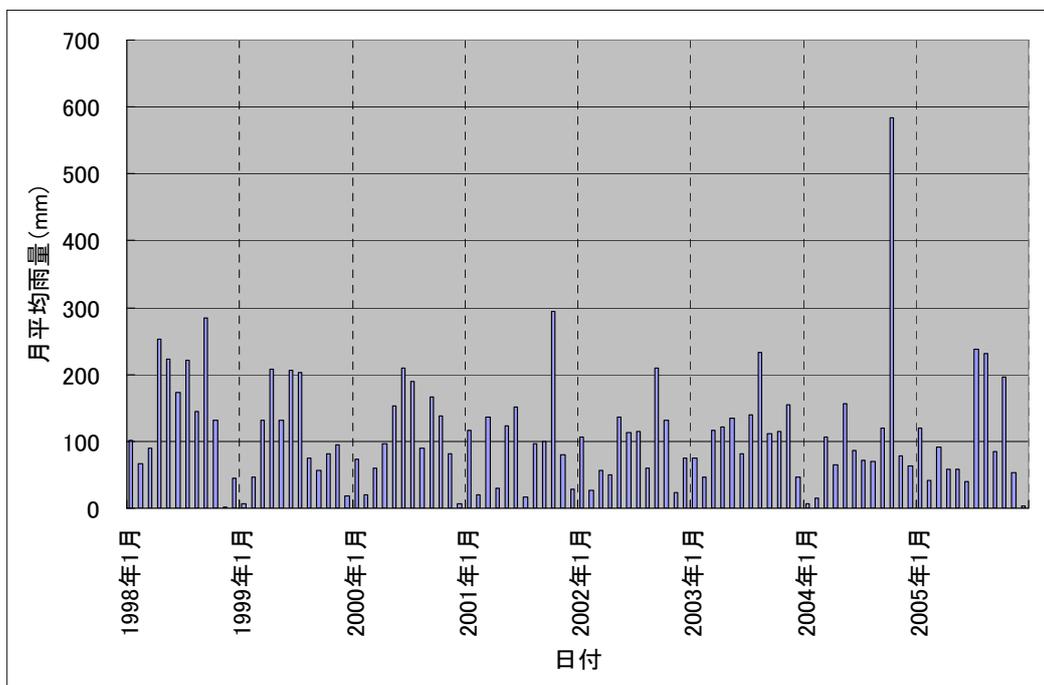


図26 巴川流域の月平均雨量変化(1998~2005)

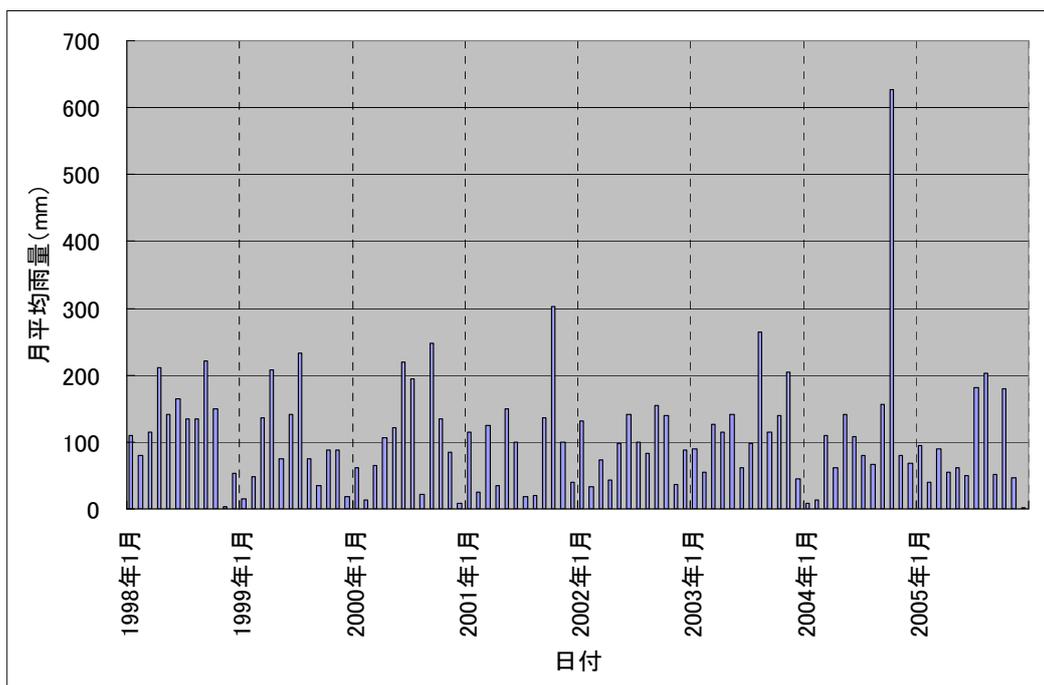


図27 清明川流域の月平均雨量変化(1998～2005)

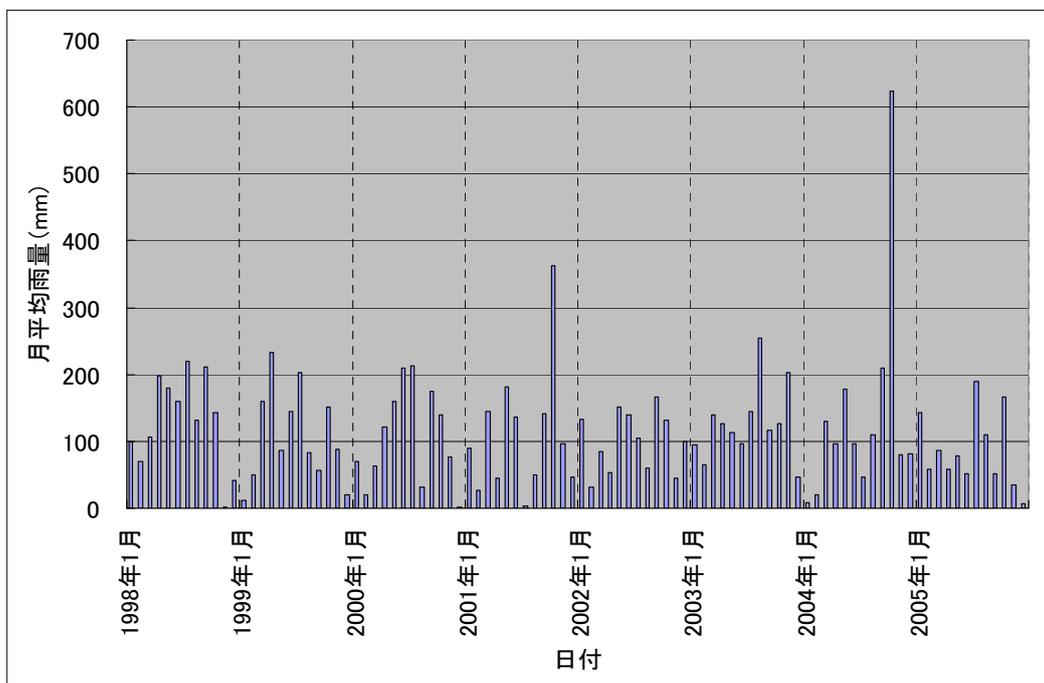


図28 銚田川流域の月平均雨量変化(1998～2005)

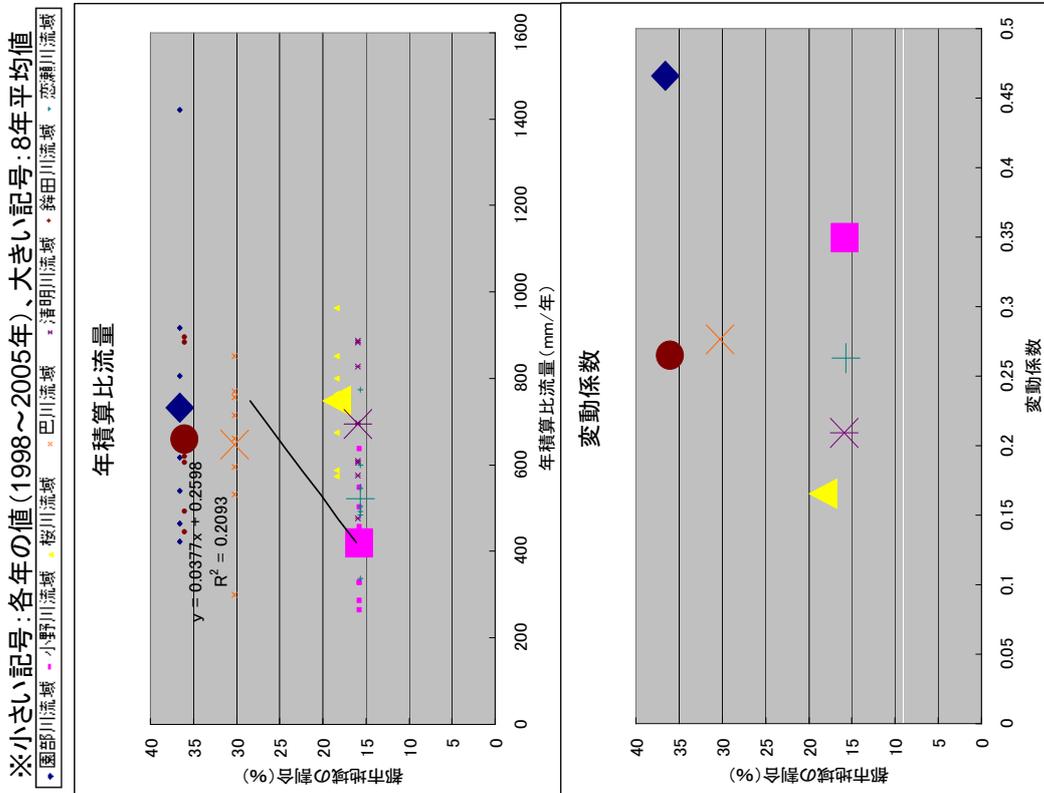


図30 霞ヶ浦支流域の市街地域の割合と年積算比流量の関係

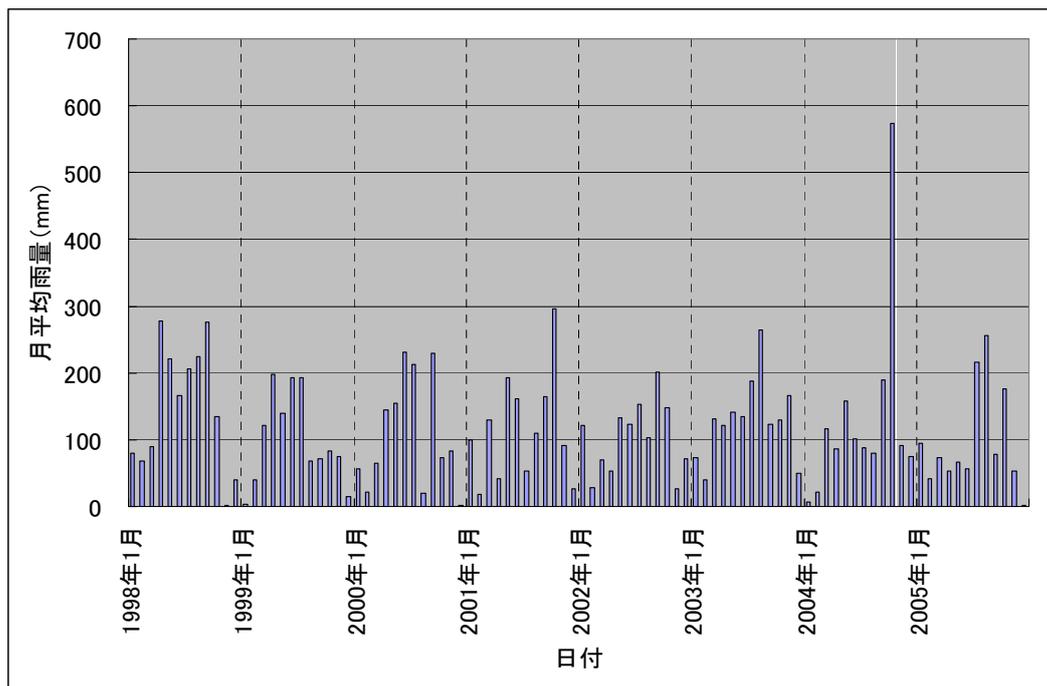


図29 恋瀬川流域の月平均雨量変化(1998~2005)

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域

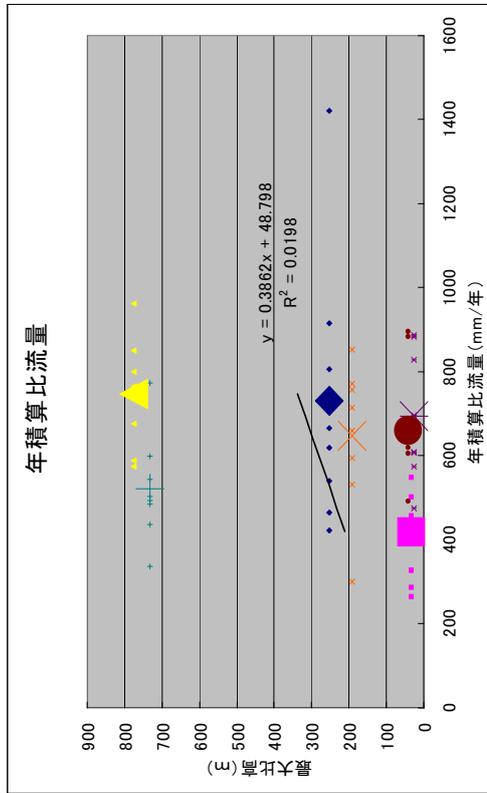


図32 霞ヶ浦支流域の最大比高と年積算比流量の関係

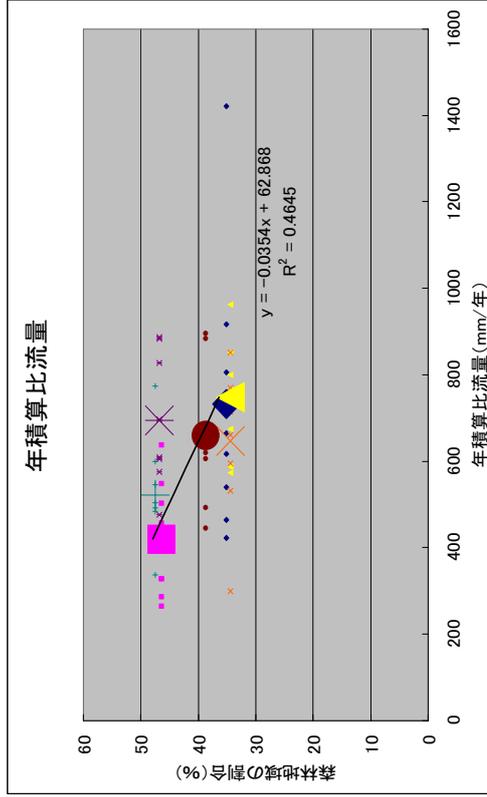


図31 霞ヶ浦支流域の森林地域の割合と年積算比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 巴川流域 × 清明川流域 × 恋瀬川流域

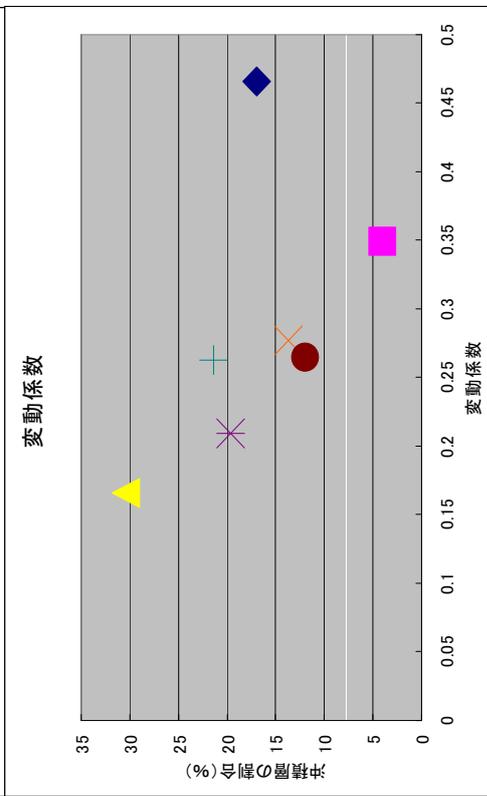
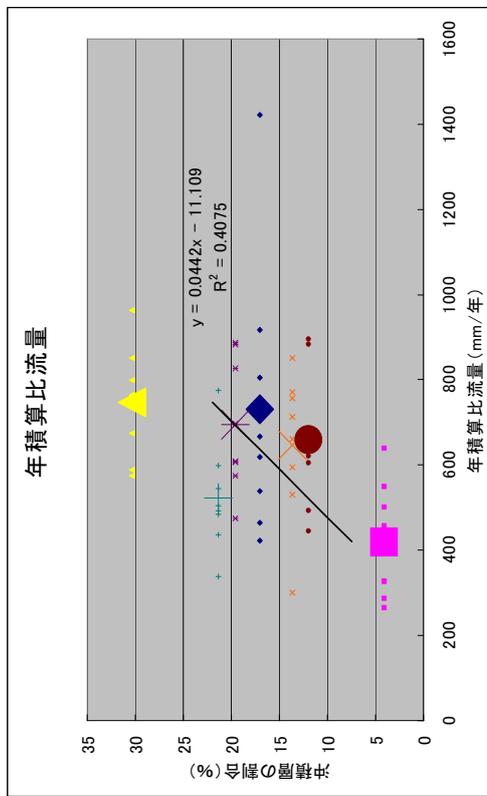


図34 霞ヶ浦支流域の沖積層の割合と年積算比流量の関係

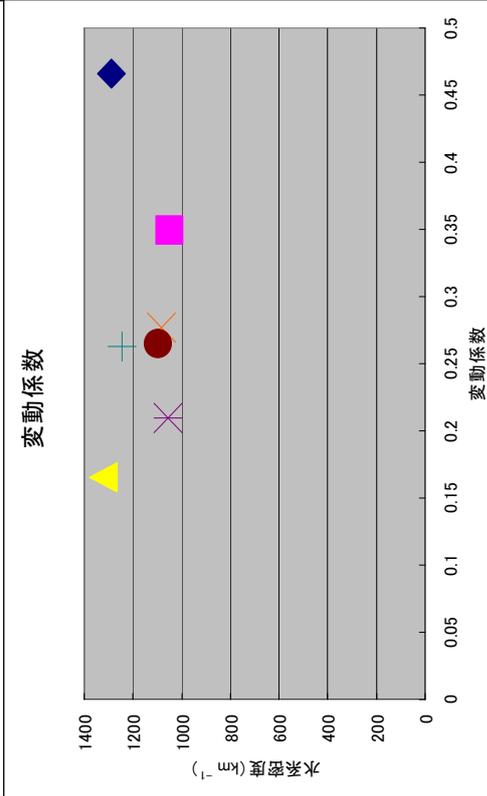
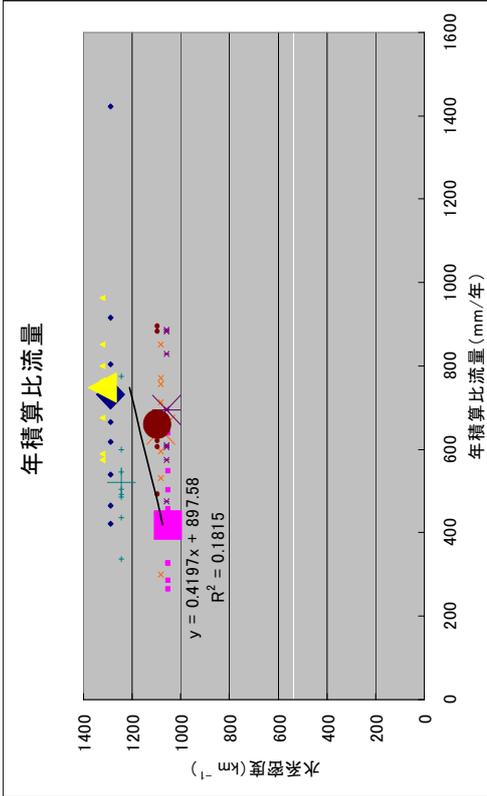


図33 霞ヶ浦支流域の水系密度と年積算比流量の関係

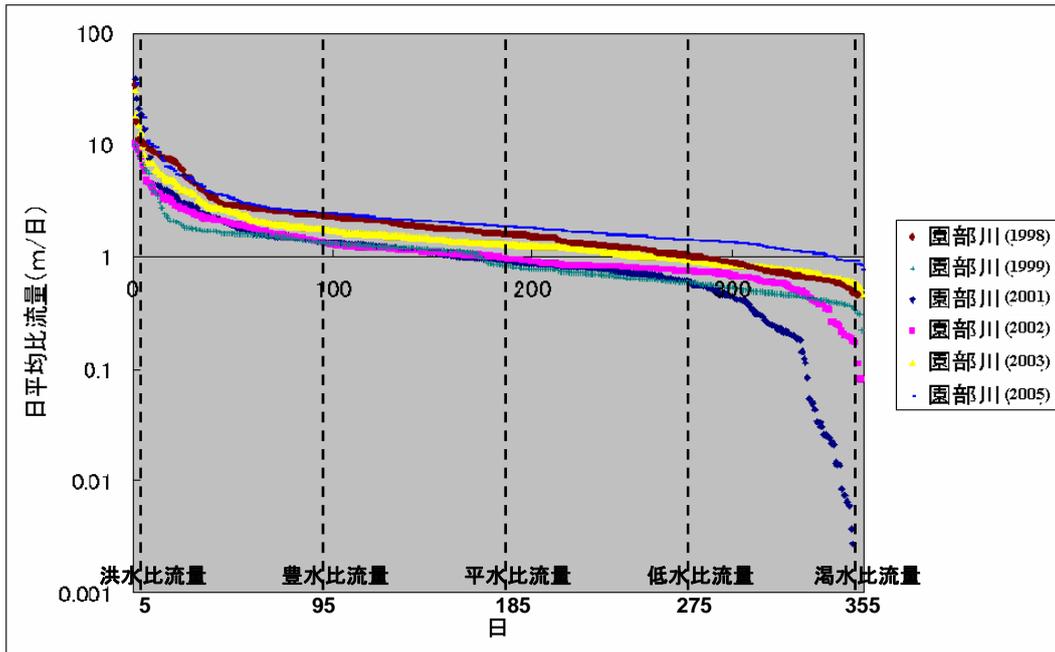


図35 園部川流域の流況曲線

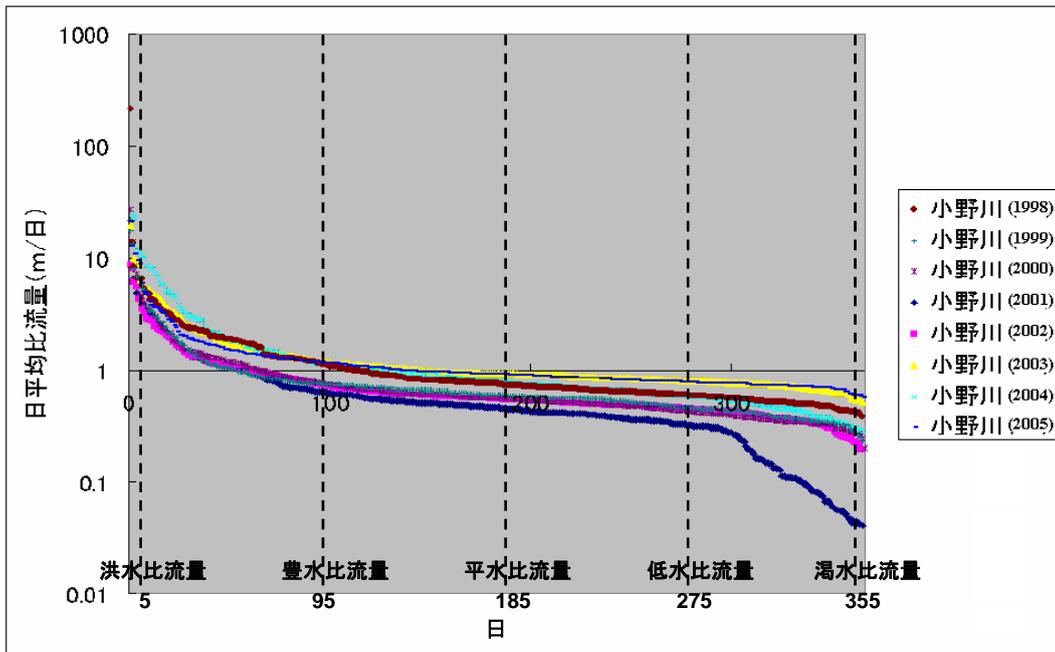


図36 小野川流域の流況曲線

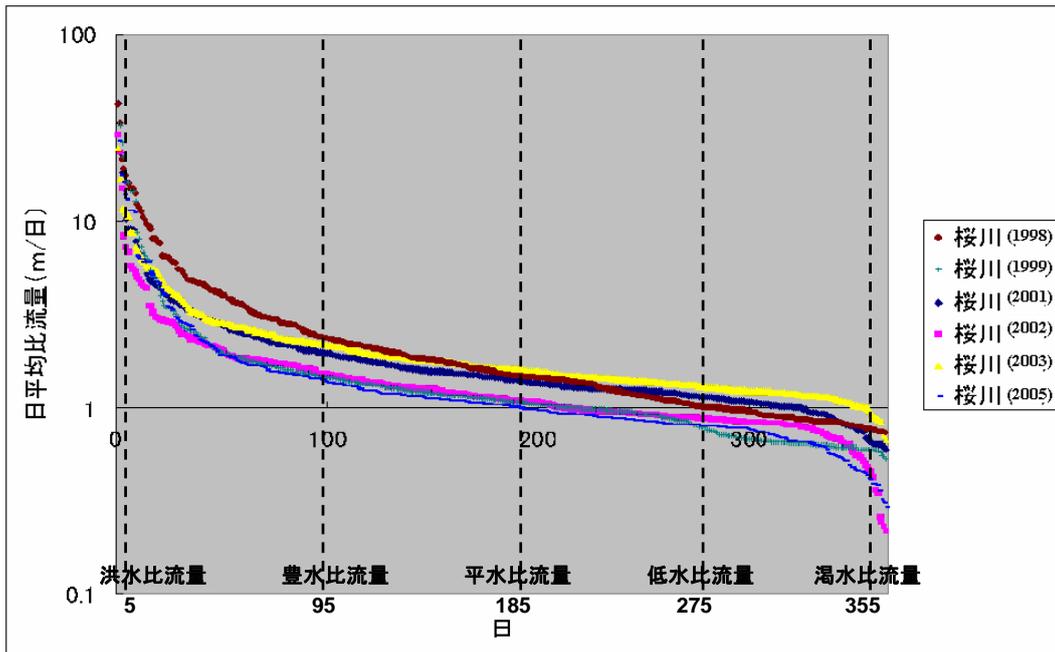


図37 桜川流域の流況曲線

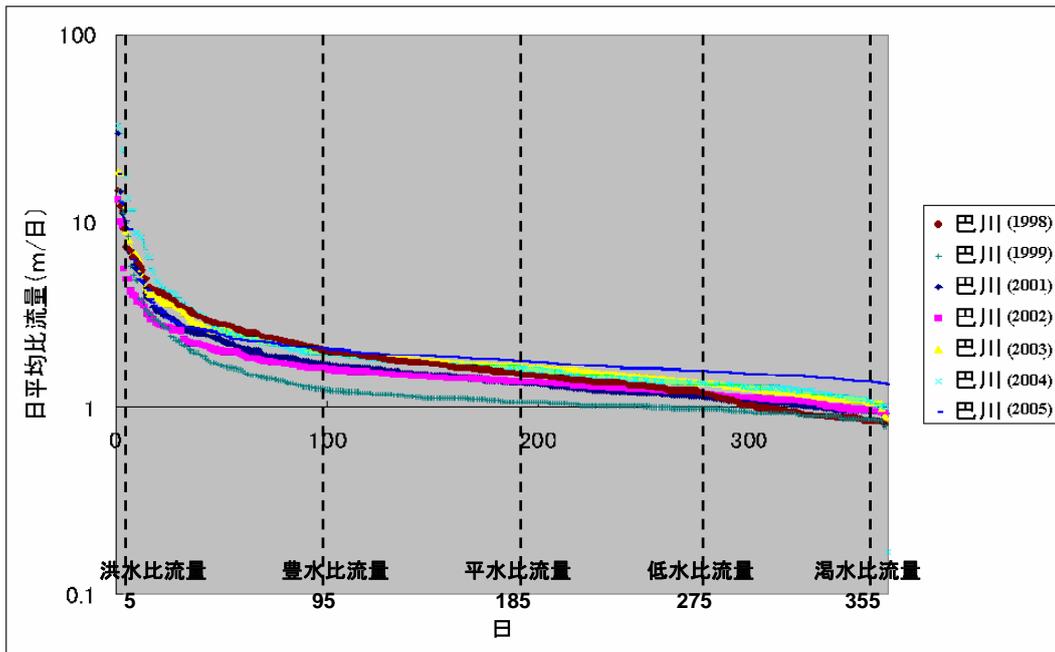


図38 巴川流域の流況曲線

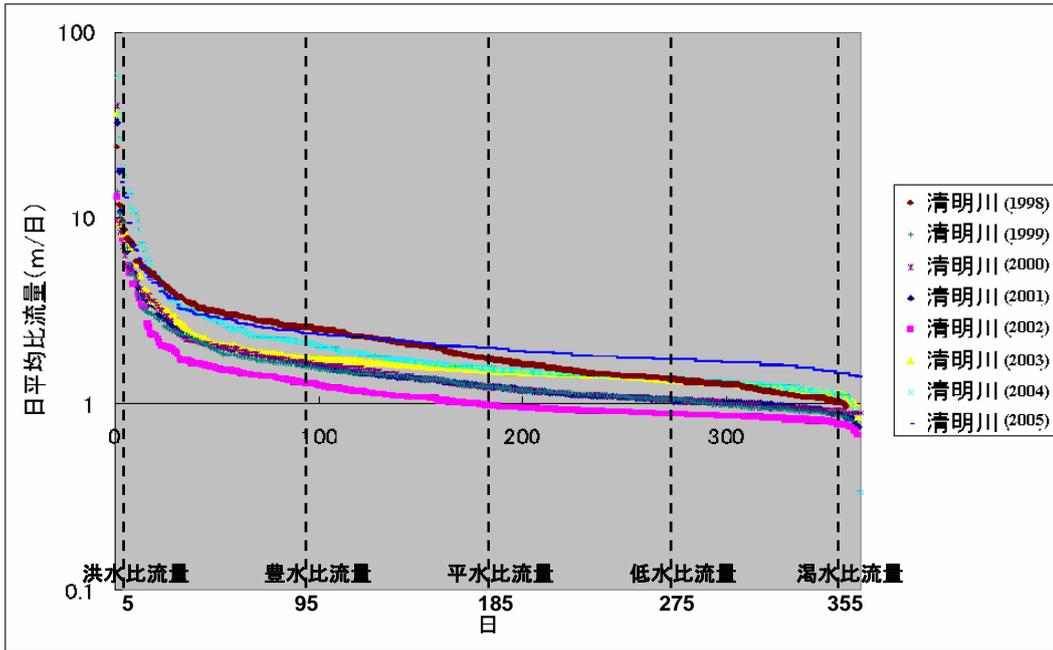


図39 清明川流域の流況曲線

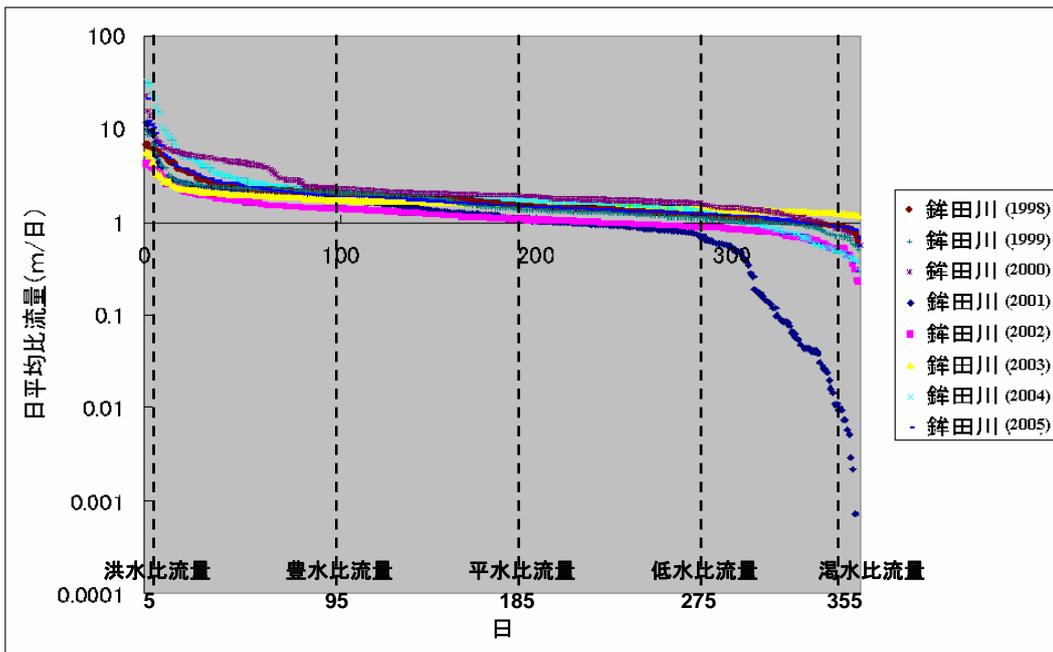


図40 鉾田川流域の流況曲線

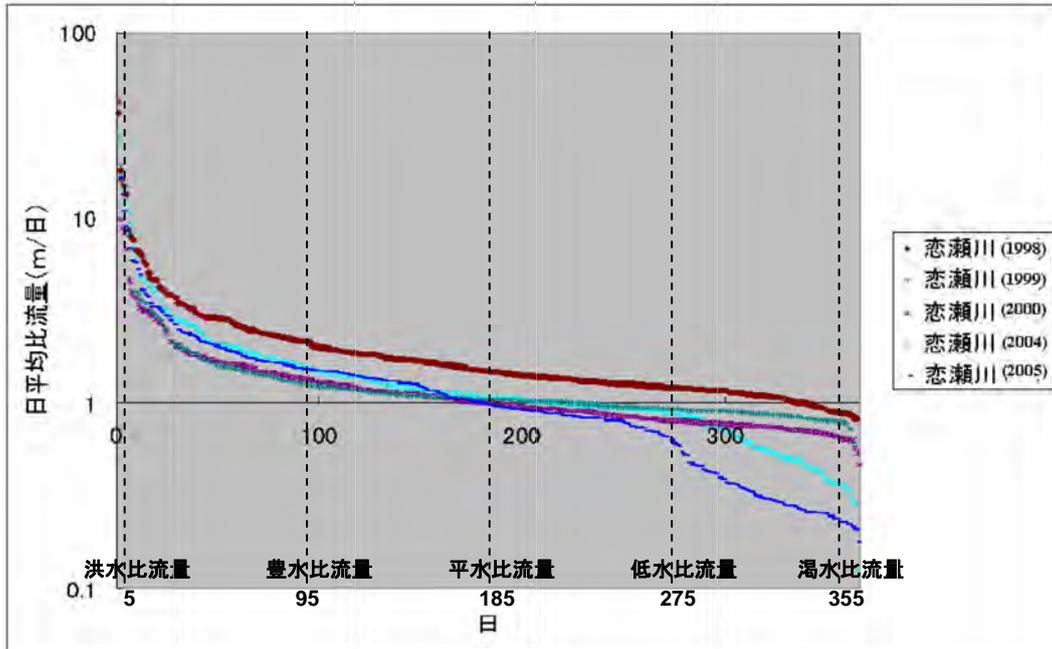


図41 恋瀬川流域の流況曲線

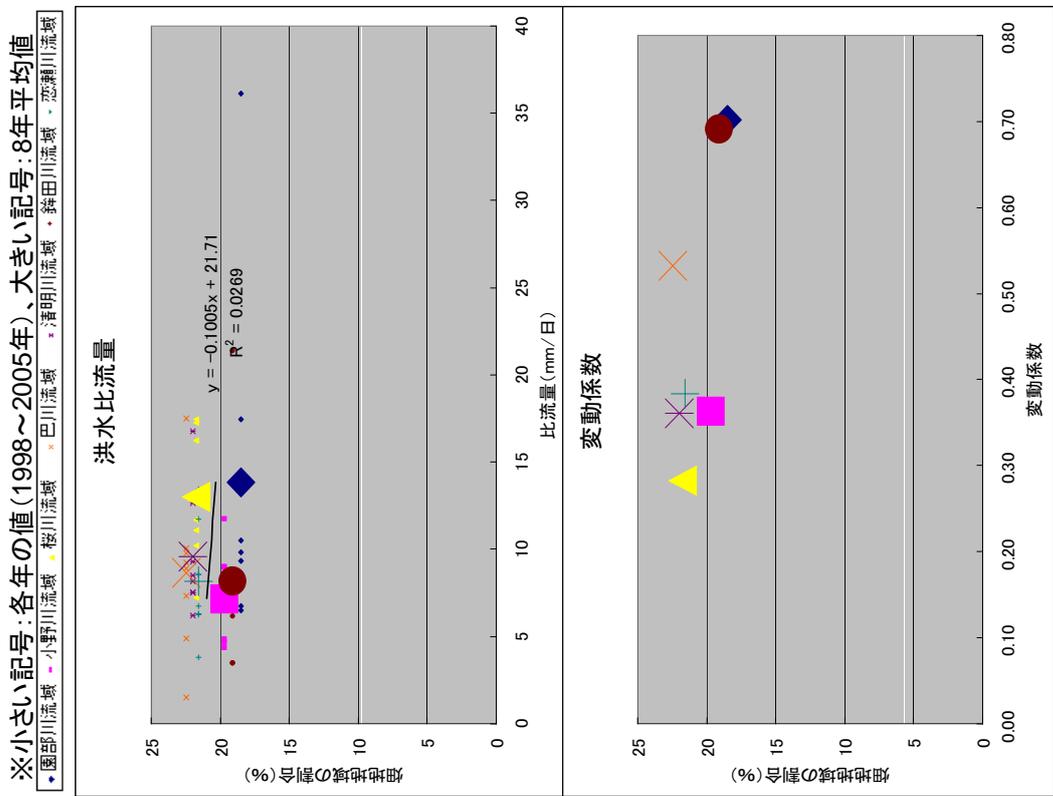


図42 霞ヶ浦支流域の畑地地域の割合と洪水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域

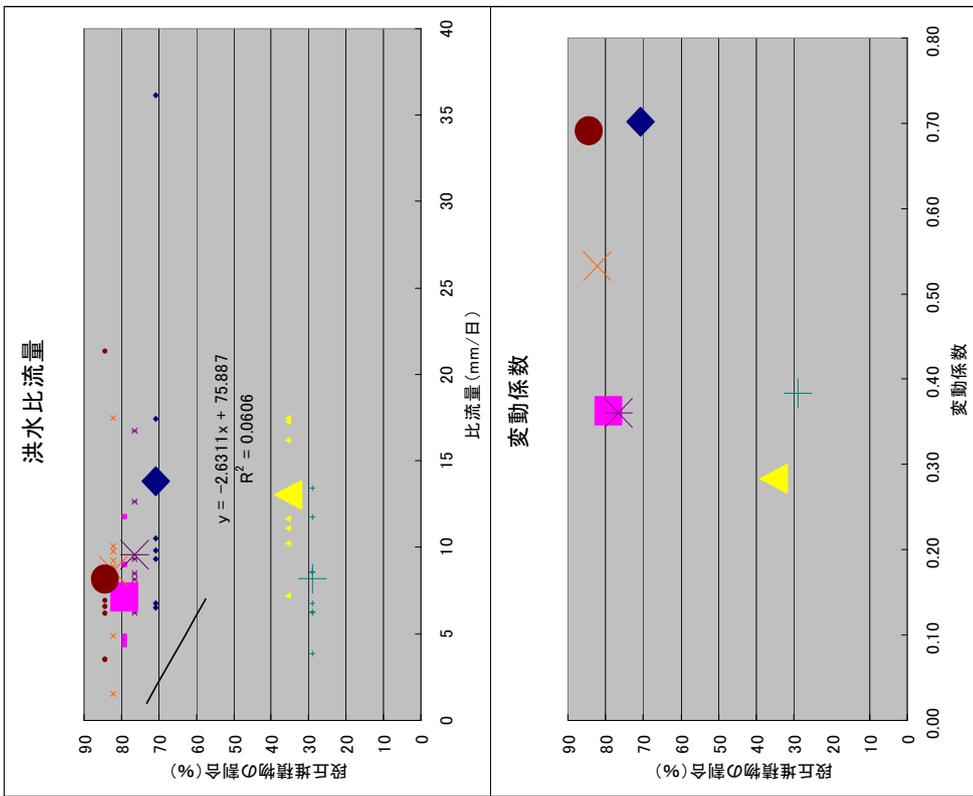


図44 霞ヶ浦支流域の段丘堆積物の割合と洪水比流量の関係

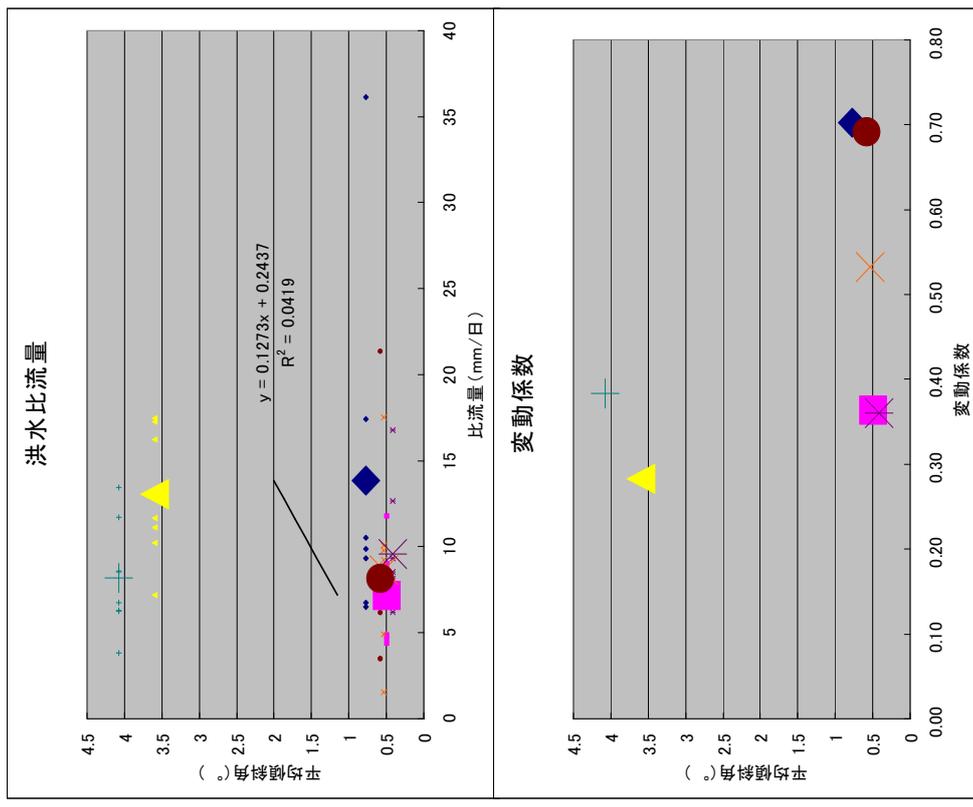


図43 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と洪水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 巴川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域

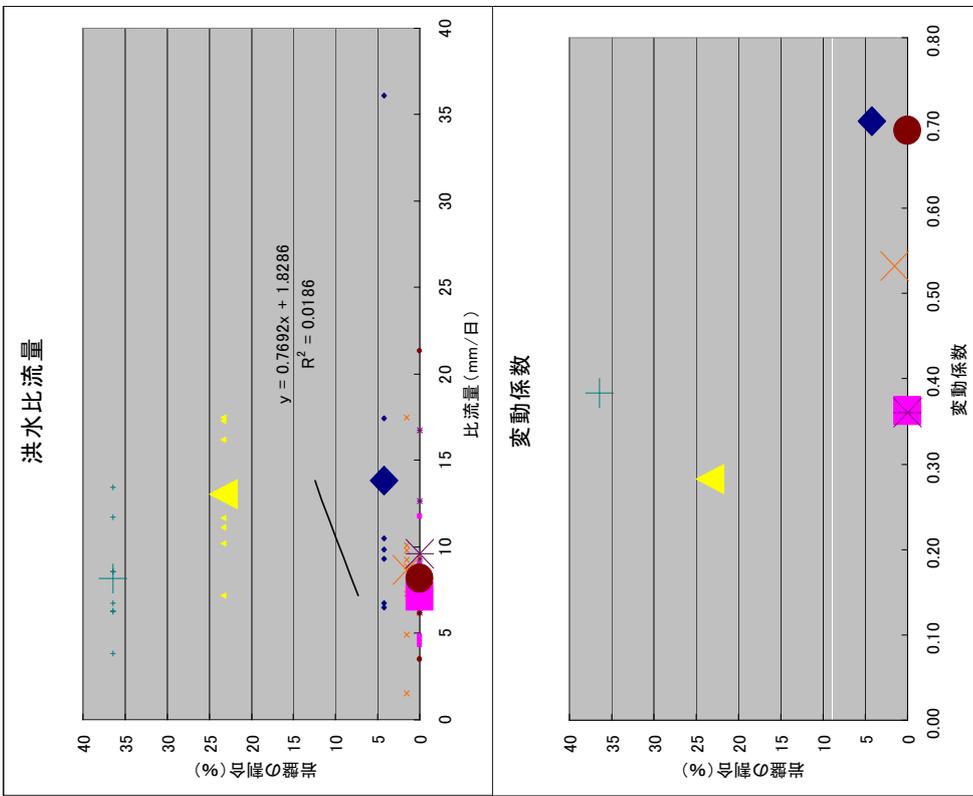


図46 霞ヶ浦支流域の岩盤の割合と洪水比流量の関係

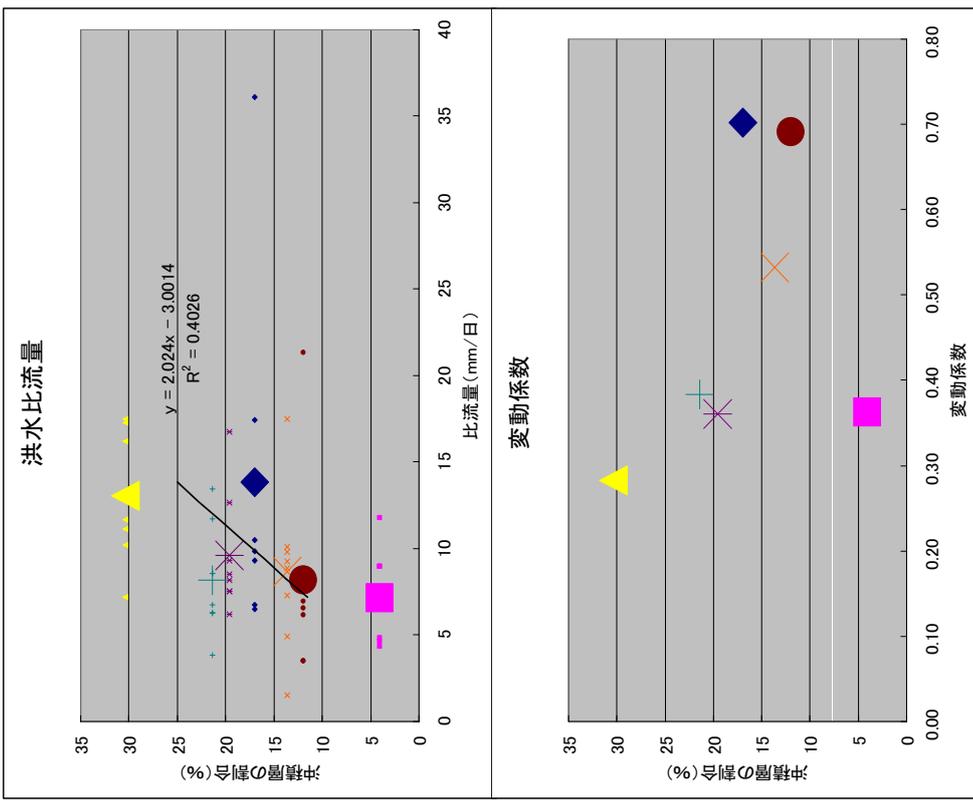


図45 霞ヶ浦支流域の沖積層の割合と洪水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 桜川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 銚田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 園部川流域 × 小野川流域 × 桜川流域 × 巴川流域 × 清明川流域 × 銚田川流域 × 恋瀬川流域

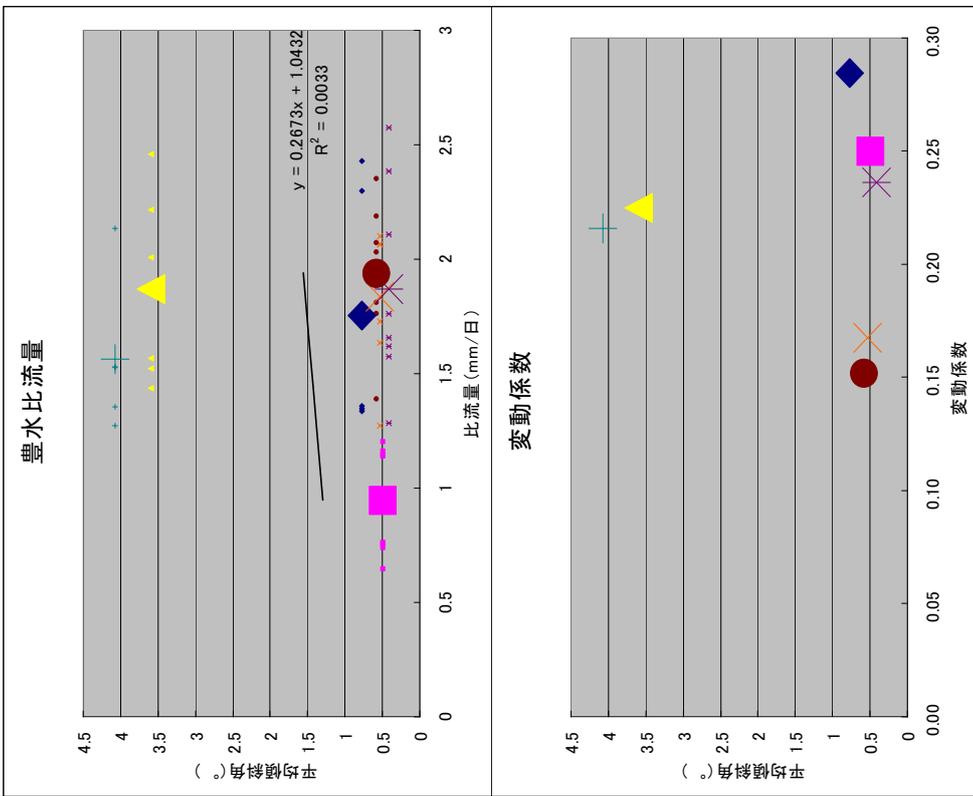


図48 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と豊水比流量の関係

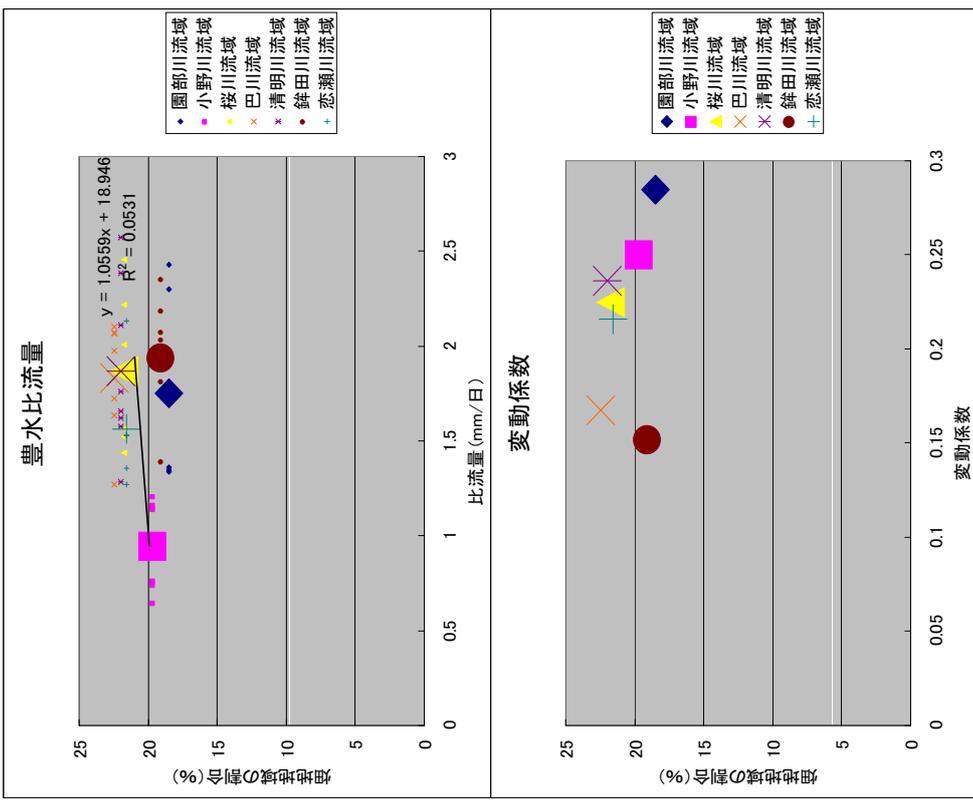


図47 霞ヶ浦支流域の畑地域の割合と豊水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域

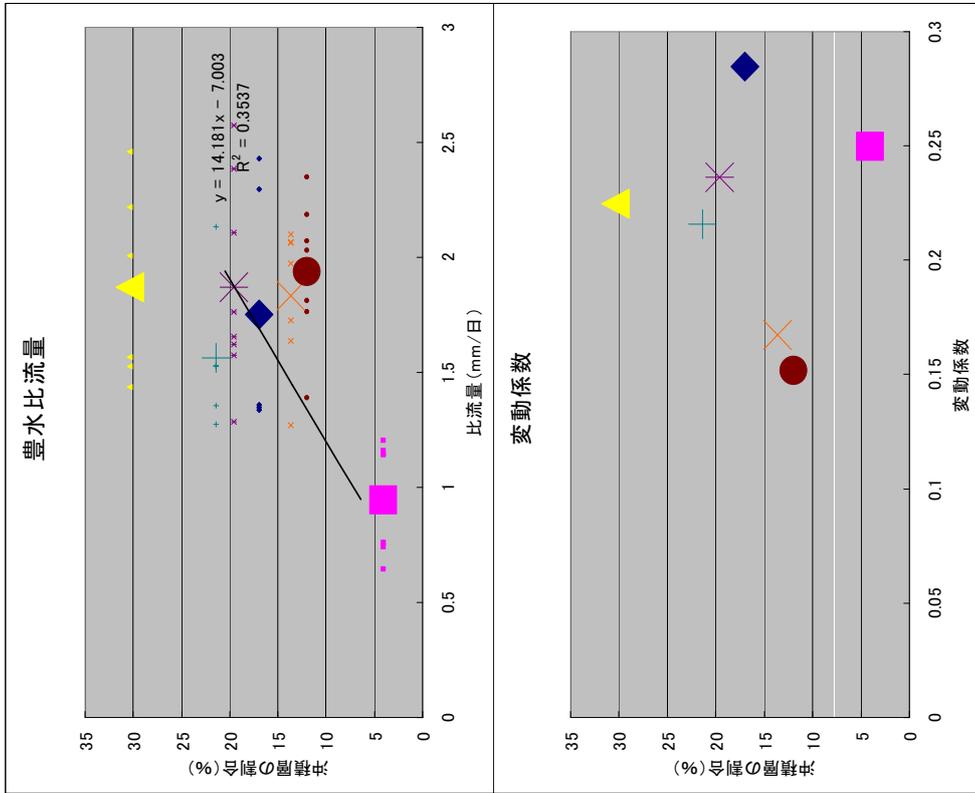


図50 霞ヶ浦支流流域の沖積層の堆積率と豊水比流量の関係

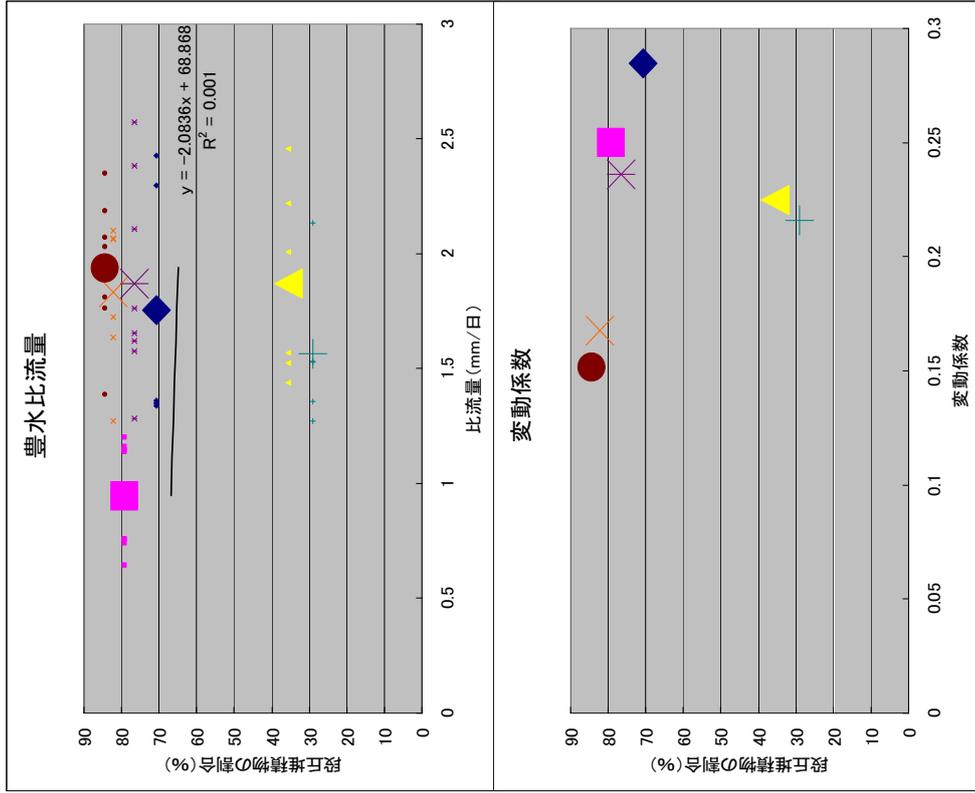


図49 霞ヶ浦支流流域の段丘堆積物の割合と豊水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域

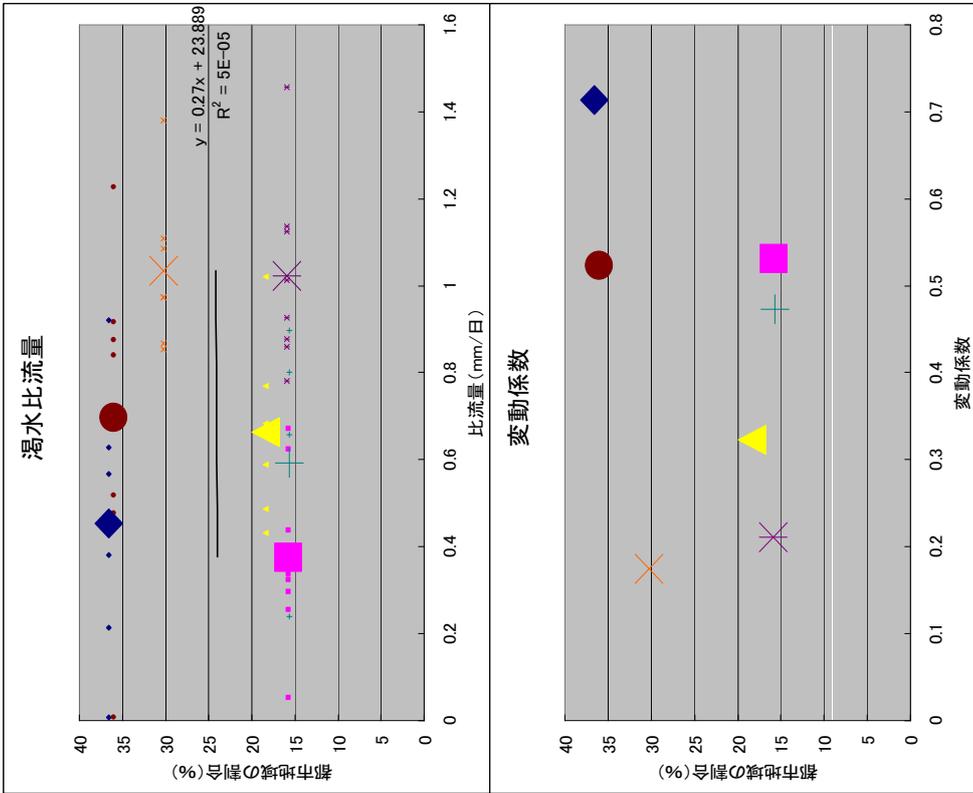


図52 霞ヶ浦支流域の市街地域の割合と渇水比流量の関係

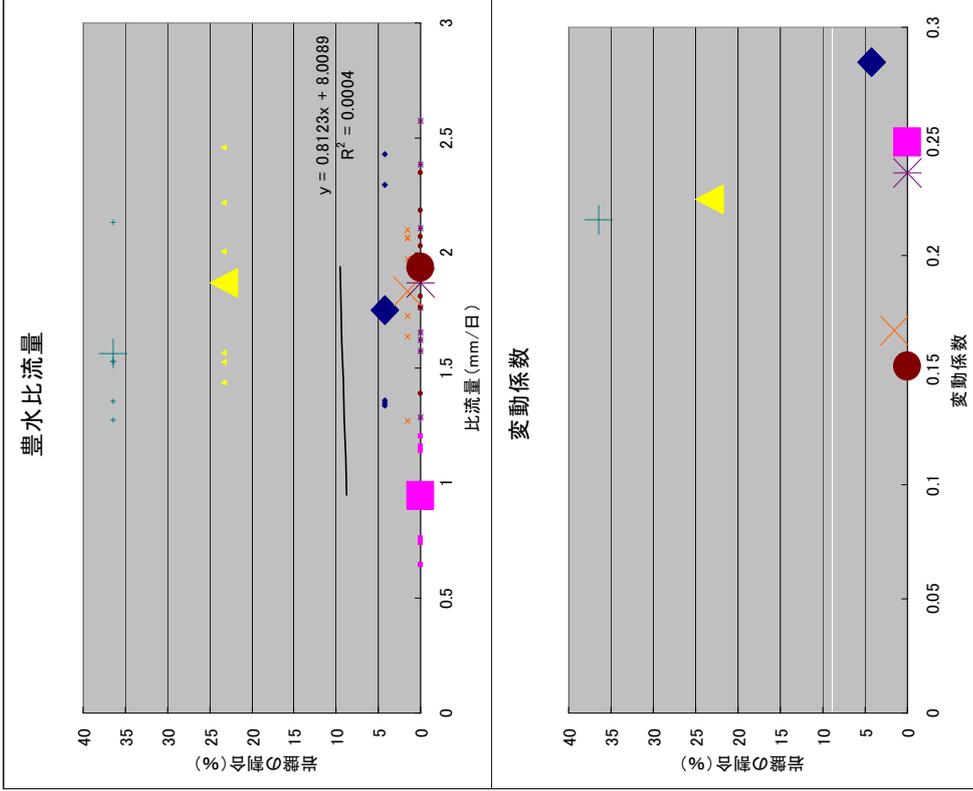


図51 霞ヶ浦支流域の岩盤の割合と豊水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域

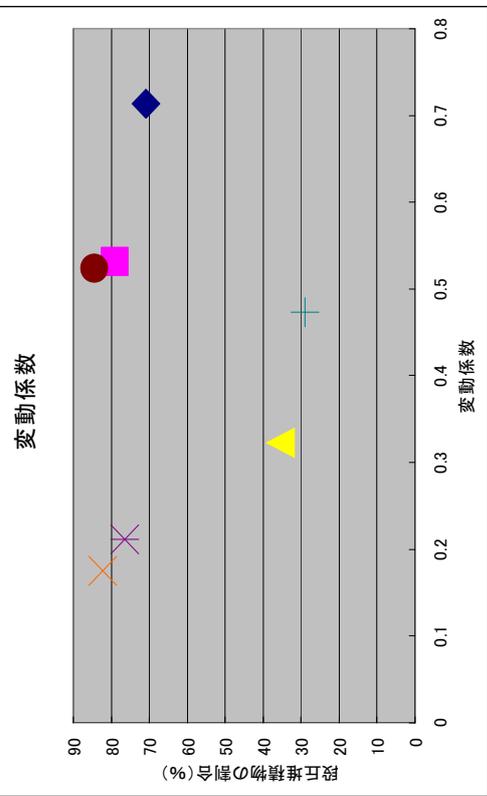
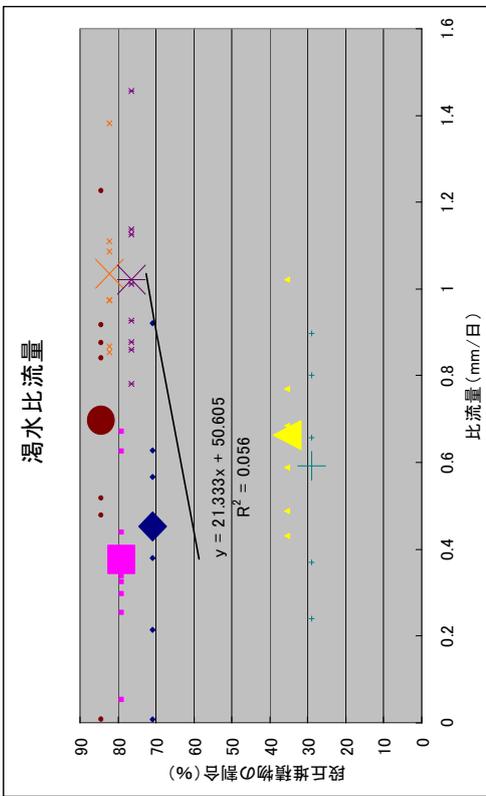


図54 霞ヶ浦支流流域の段丘堆積物の割合と濁水比流量の関係

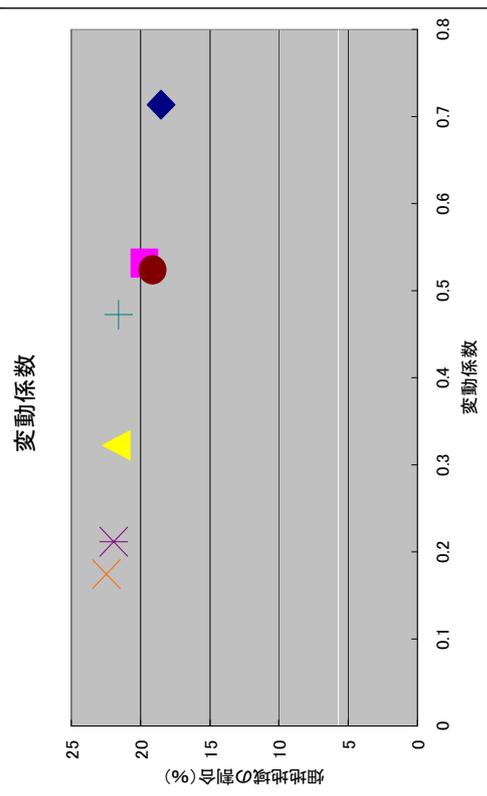
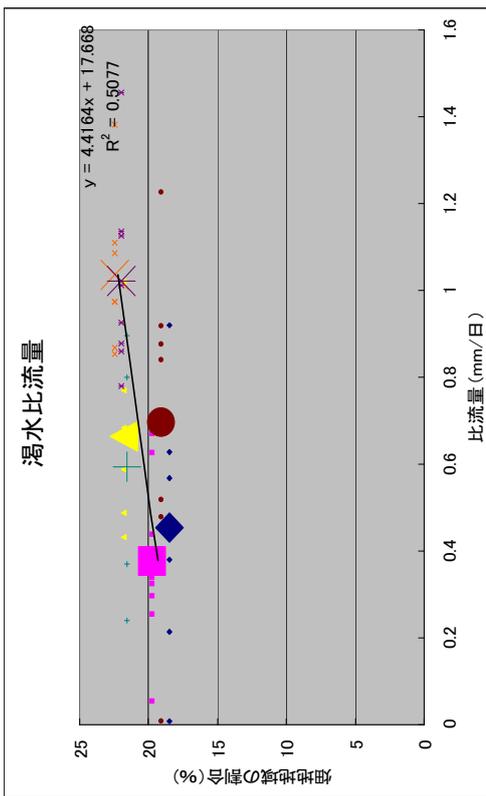


図53 霞ヶ浦支流流域の畑地域の割合と濁水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 巴川流域 × 恋瀬川流域

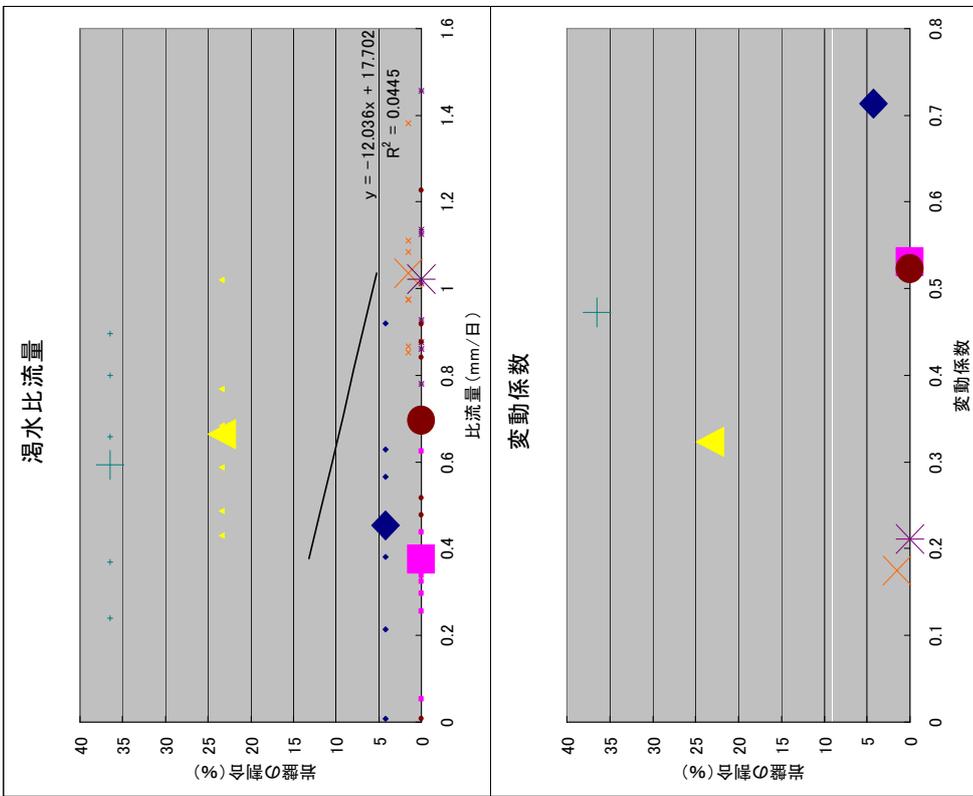


図56 霞ヶ浦支流域の岩盤の割合と濁水比流量の関係

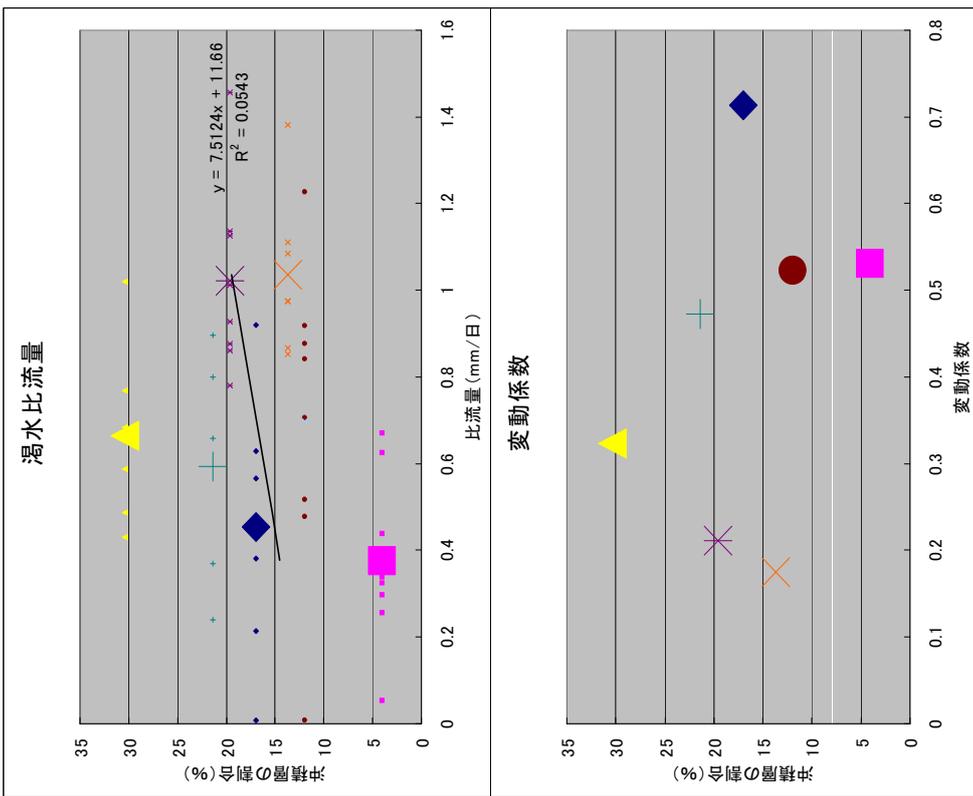


図55 霞ヶ浦支流域の沖積層の割合と濁水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 × 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域

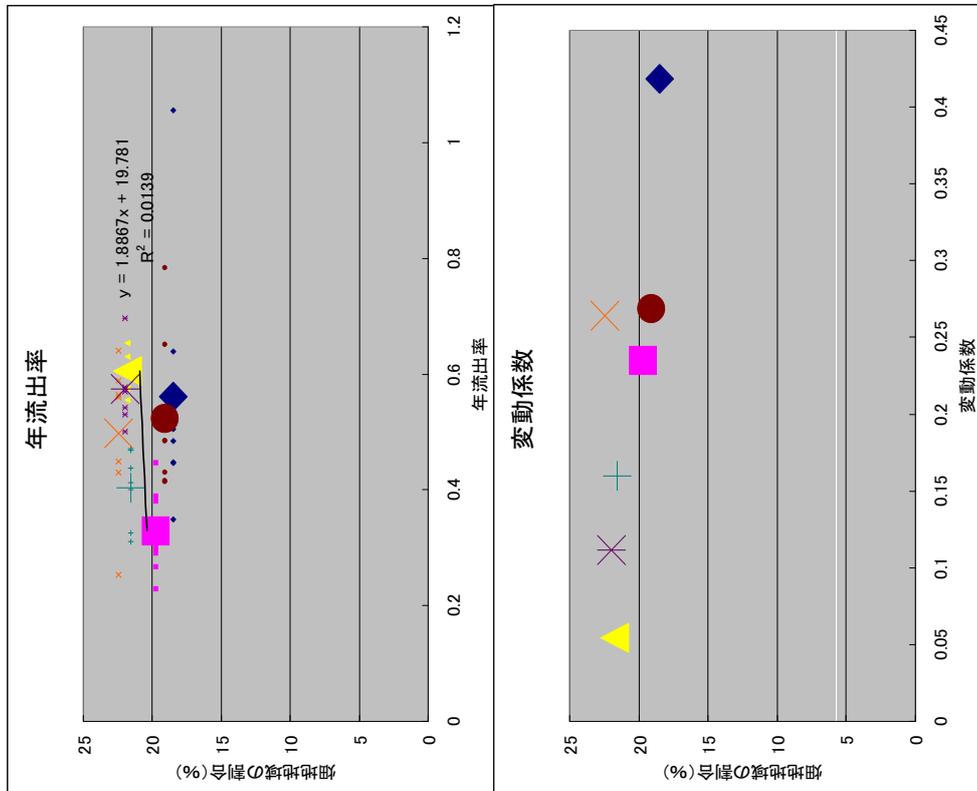


図58 霞ヶ浦支流域の水田地域の割合と年流出率の関係

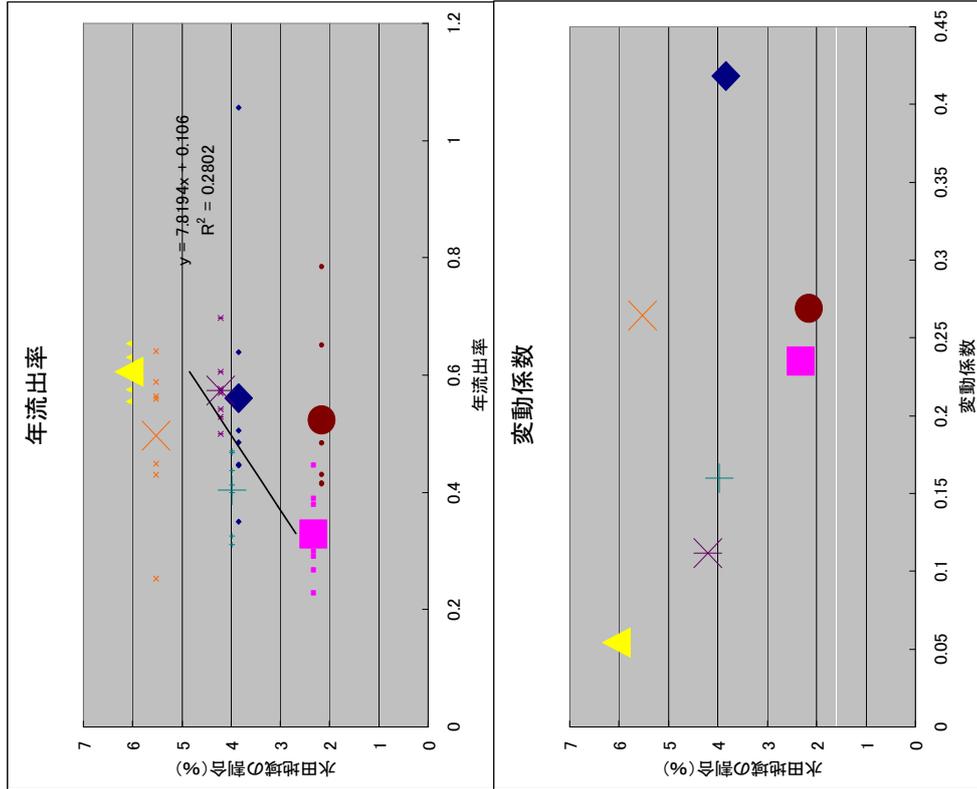


図57 霞ヶ浦支流域の畑地帯の割合と年流出率の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域

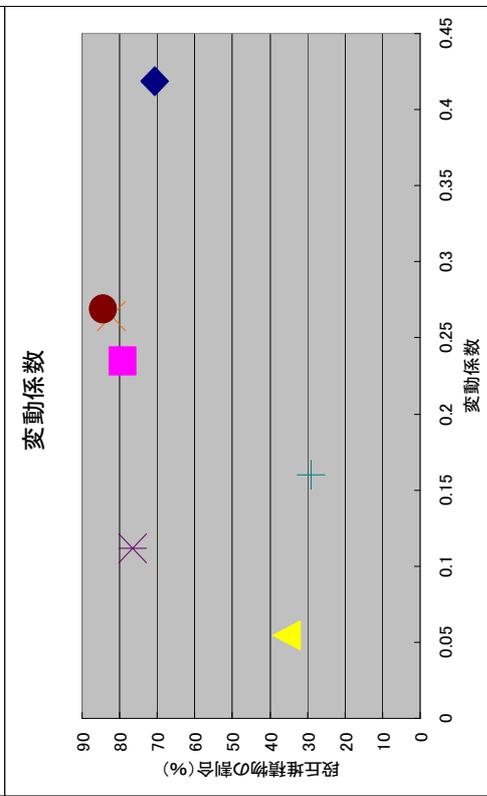
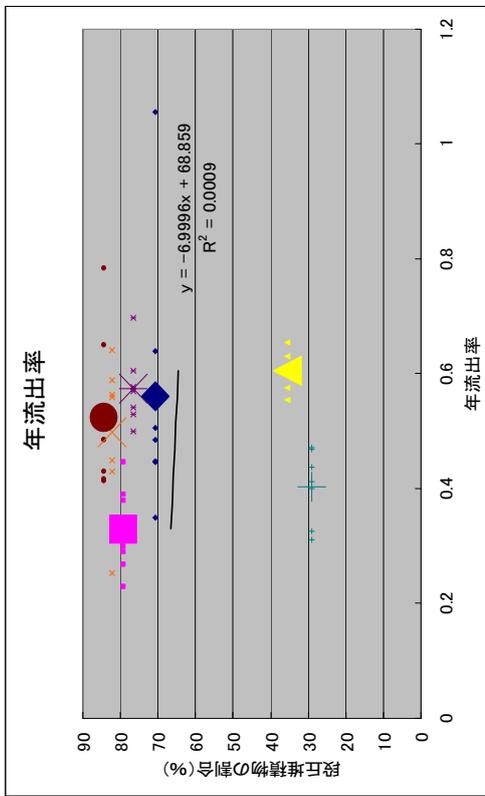


図60 霞ヶ浦支流流域の段丘堆積物の割合と年流出率の関係

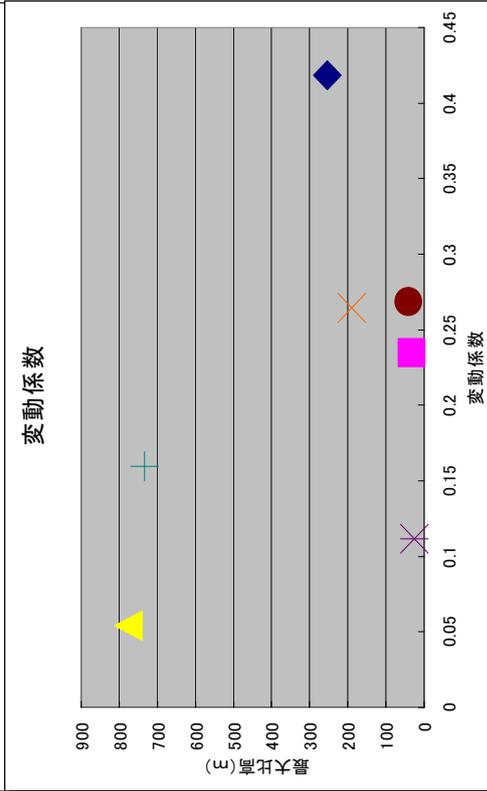
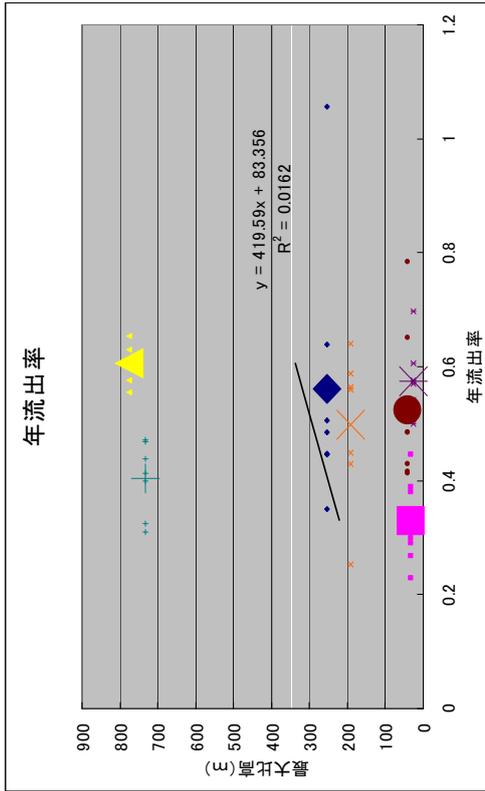


図59 霞ヶ浦支流流域の最大比高と年流出率の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 袴田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 鏡川流域 × 恋瀬川流域

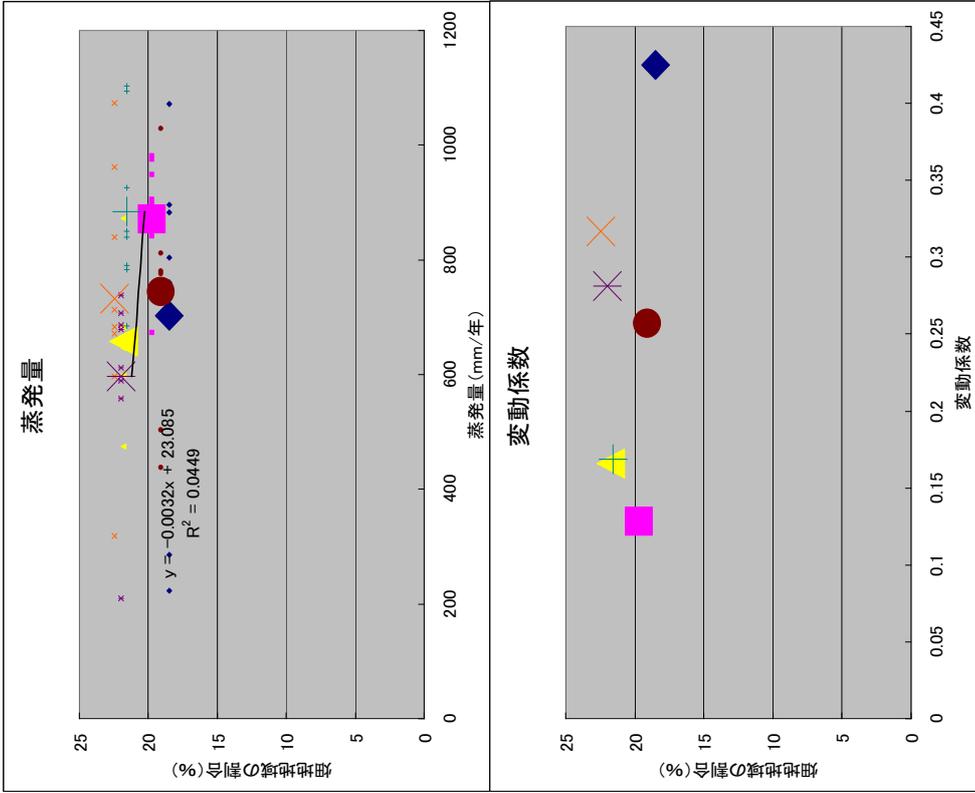


図62 霞ヶ浦支流地域の畑地域の畑地地域の割合と年積算蒸発量の関係

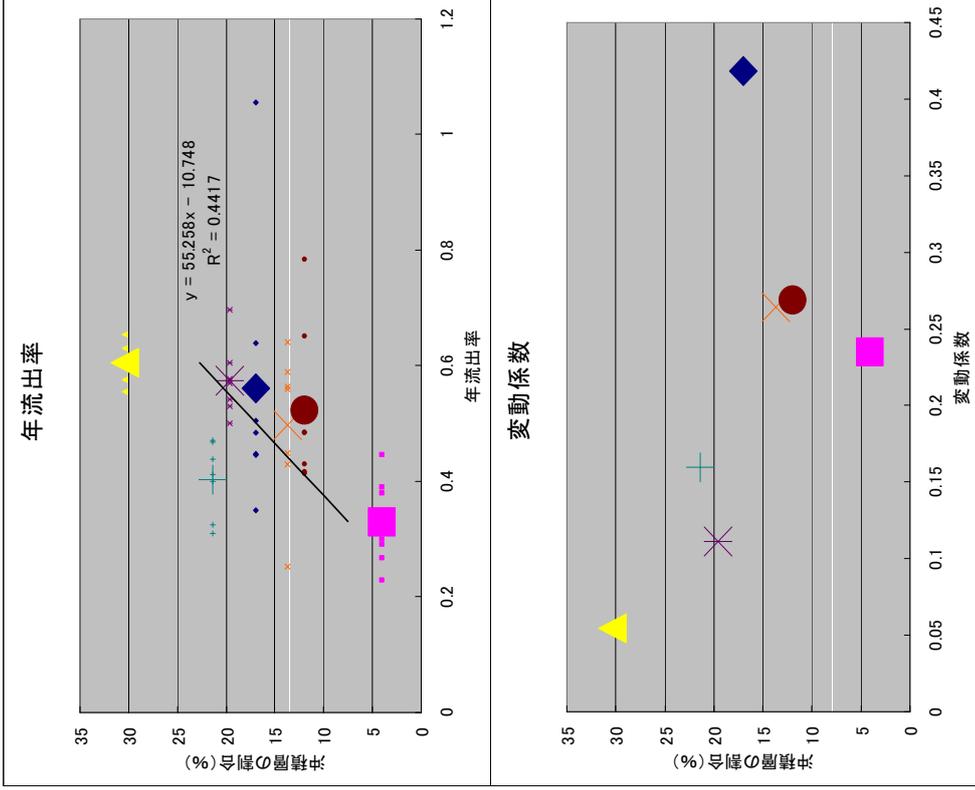


図61 霞ヶ浦支流流域の沖積層の割合と年流出率の関係



付録写真1 藤沢新田(雨量・国土交通省)



付録写真2 筑波支所(雨量・茨城県庁)



付録写真3 つくば(雨量・アメダス)



付録写真4 北消防署筑波(雨量・茨城県庁)



付録写真5 真壁(雨量・茨城県庁)



付録写真6 真壁(雨量・アメダス)



付録写真7 協和(雨量・アメダス)



付録写真8 岩瀬町(雨量・茨城県庁)



付録写真9 岩瀬(雨量・国土交通省)



付録写真10 柿岡(雨量・茨城県庁)



付録写真11 牛久(雨量・アメダス)



付録写真12 竜ヶ崎土木(雨量・茨城県庁)



付録写真13 龍ヶ崎(雨量・アメダス)



付録写真14 江戸崎(雨量・アメダス)



付録写真15 江戸崎(雨量・茨城県庁)



付録写真16 波崎町(雨量・茨城県庁)



付録写真17 潮来土木(雨量・国土交通省)



付録写真18 東町(雨量・茨城県庁)



付録写真19 臨湖実験施設(雨量)



付録写真20 岩間町(雨量・茨城県庁)



付録写真21 美野里町(雨量・茨城県庁)



付録写真22 美野里(雨量・アメダス)



付録写真23 藤沢新田(水位・国土交通省)



付録写真24 桜橋(水位・茨城県庁)



付録写真25 君島橋(水位・茨城県庁)



付録写真26 恋瀬川(水位・国土交通省)



付録写真27 上備前川(水位・茨城県庁)



付録写真28 西根川(水位・茨城県庁)



付録写真29 小野川(水位・国土交通省)



付録写真30 日川(水位・国土交通省)



付録写真31 鱒川(水位・茨城県庁)



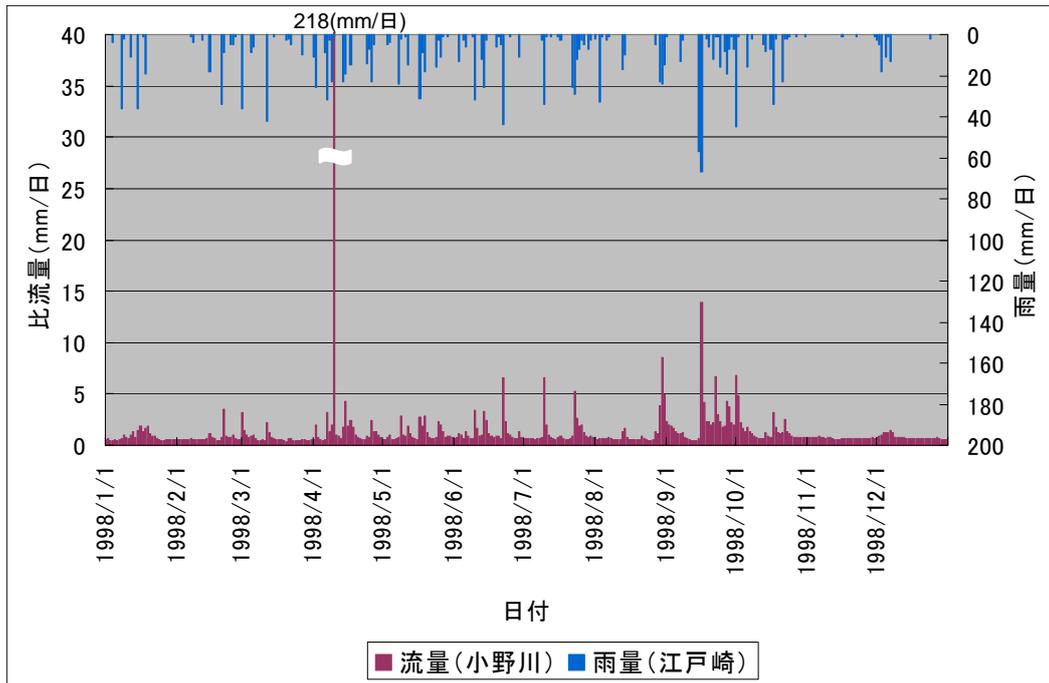
付録写真32 小川(水位・国土交通省)



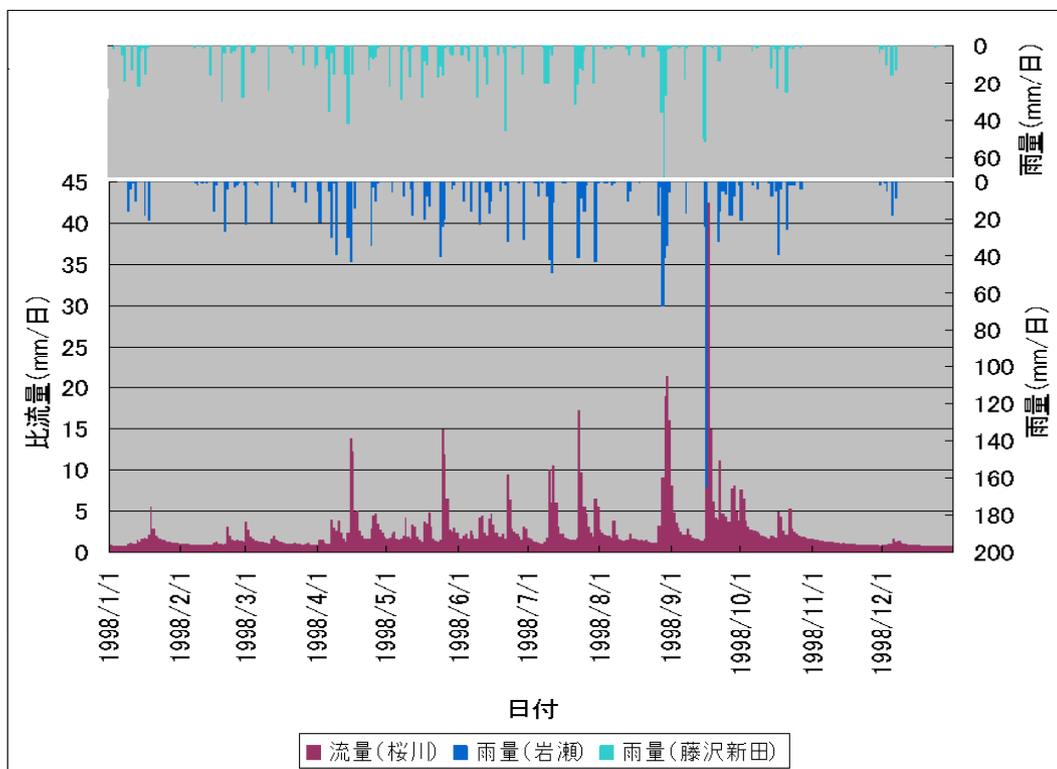
付録写真33 巴川(水位・国土交通省)



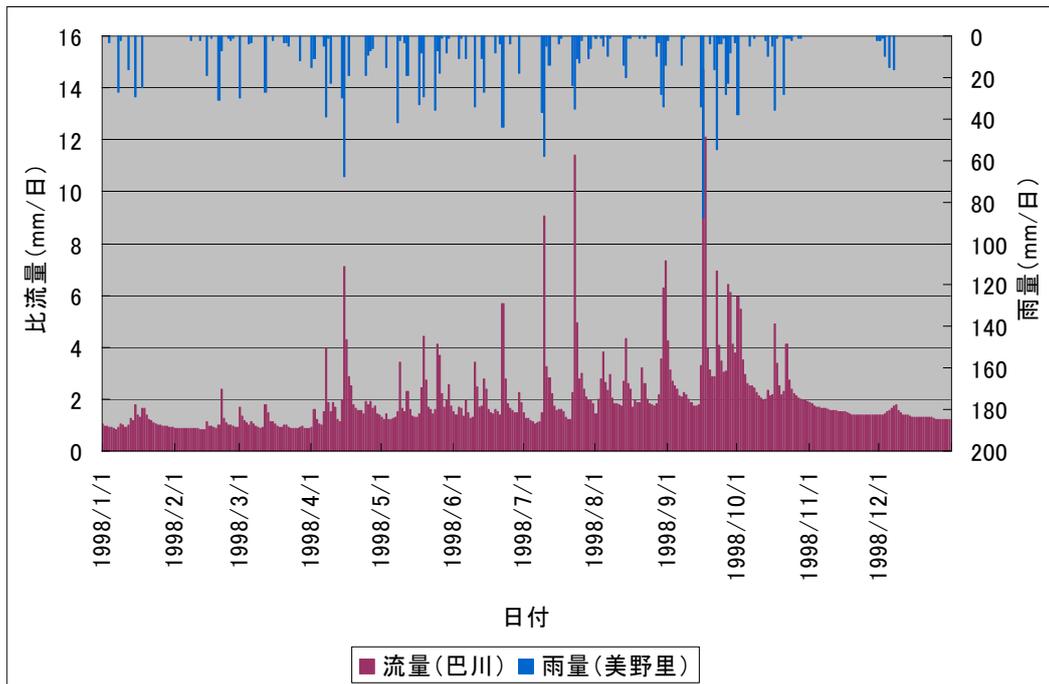
付録写真34 鉾田川(水位・国土交通省)



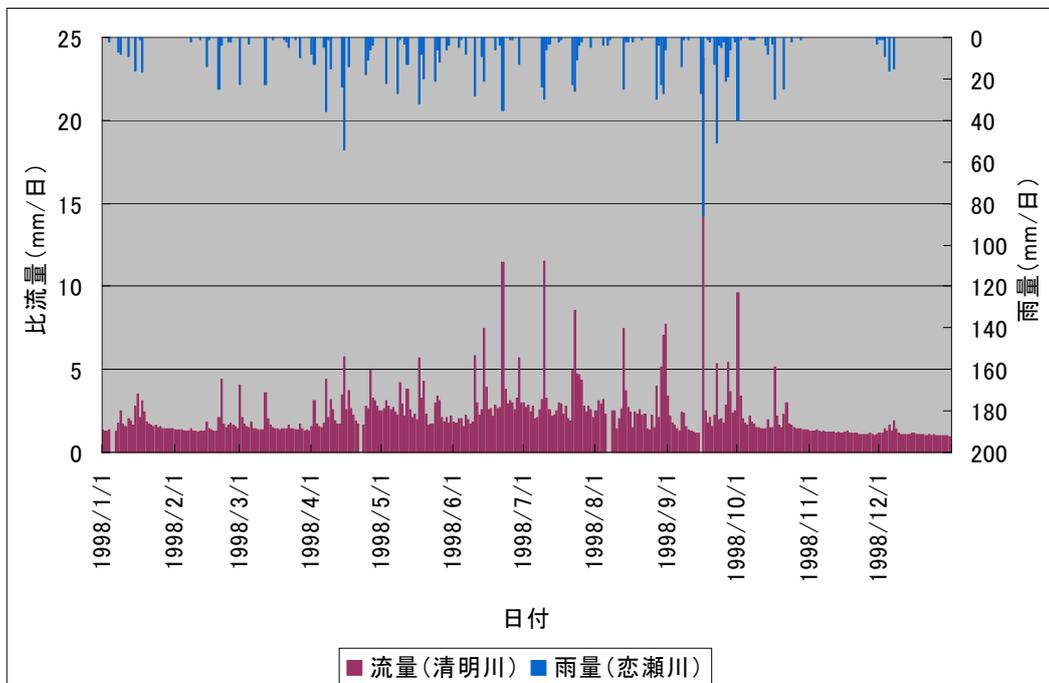
付録図1 小野川流域の雨量と比流量の関係(1998)



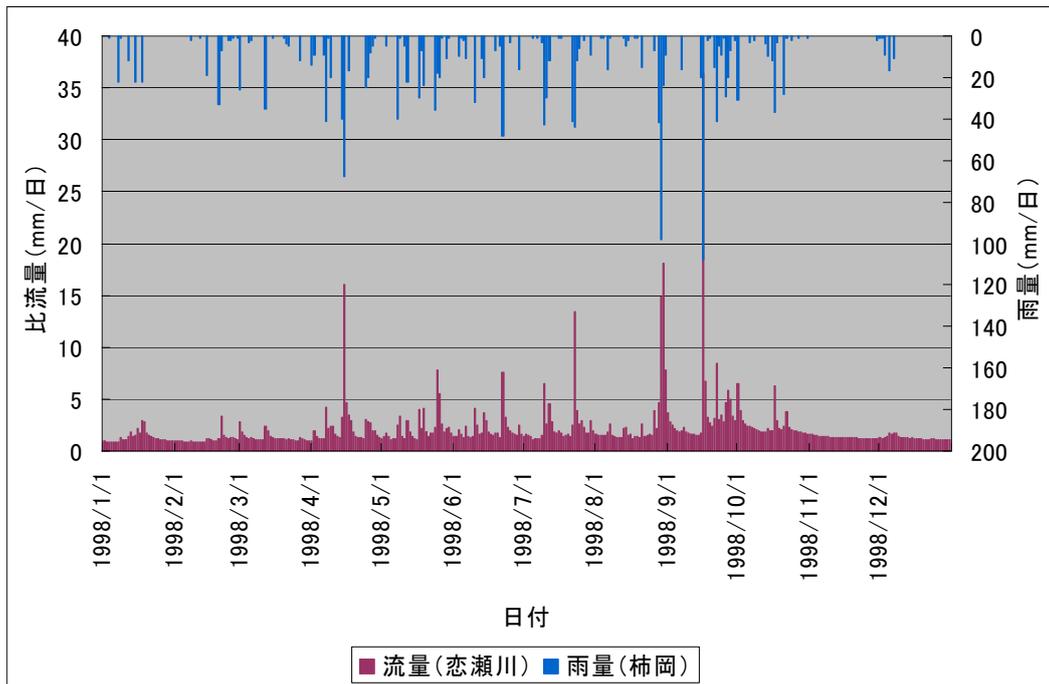
付録図2 桜川流域の雨量と流量の関係(1998)



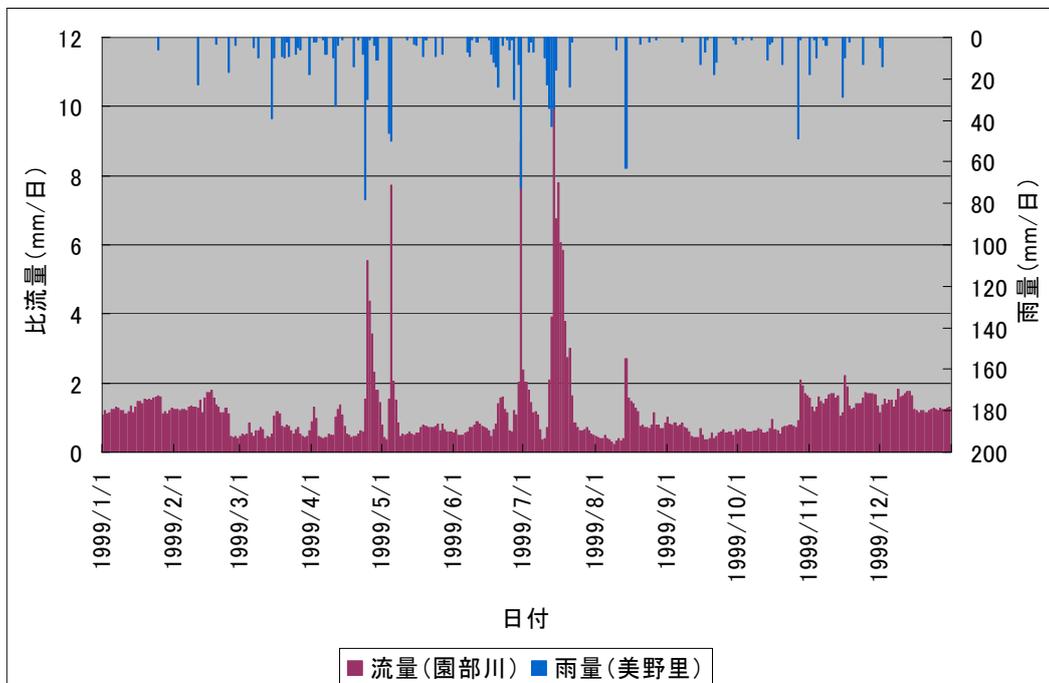
付録図3 巴川流域の雨量と流量の関係(1998)



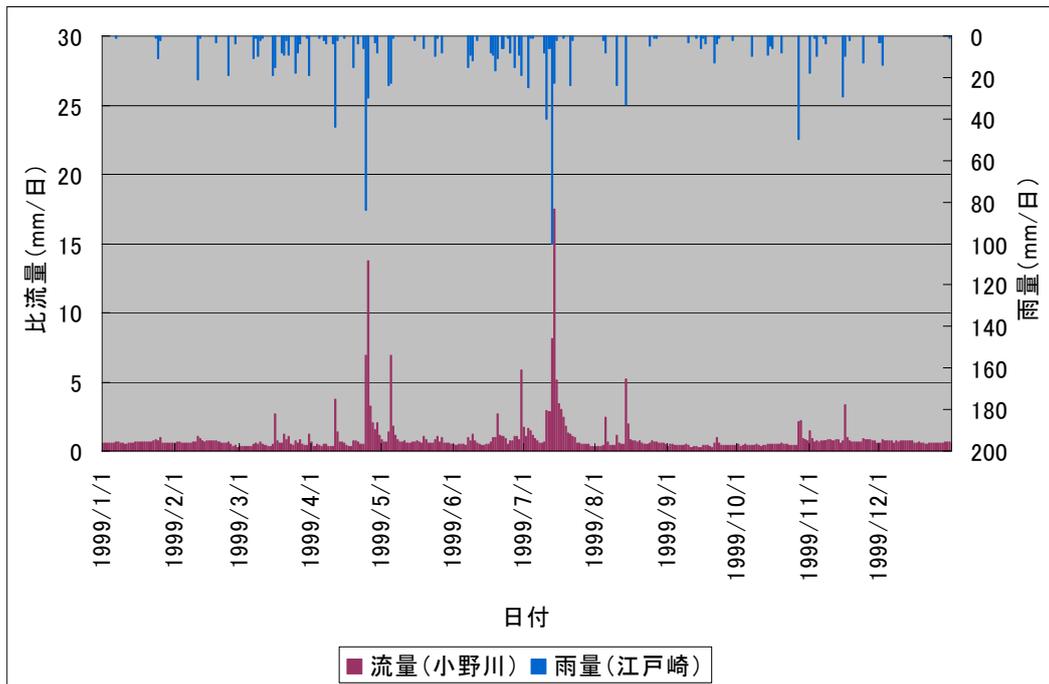
付録図4 清明川流域の雨量と流量の関係(1998)



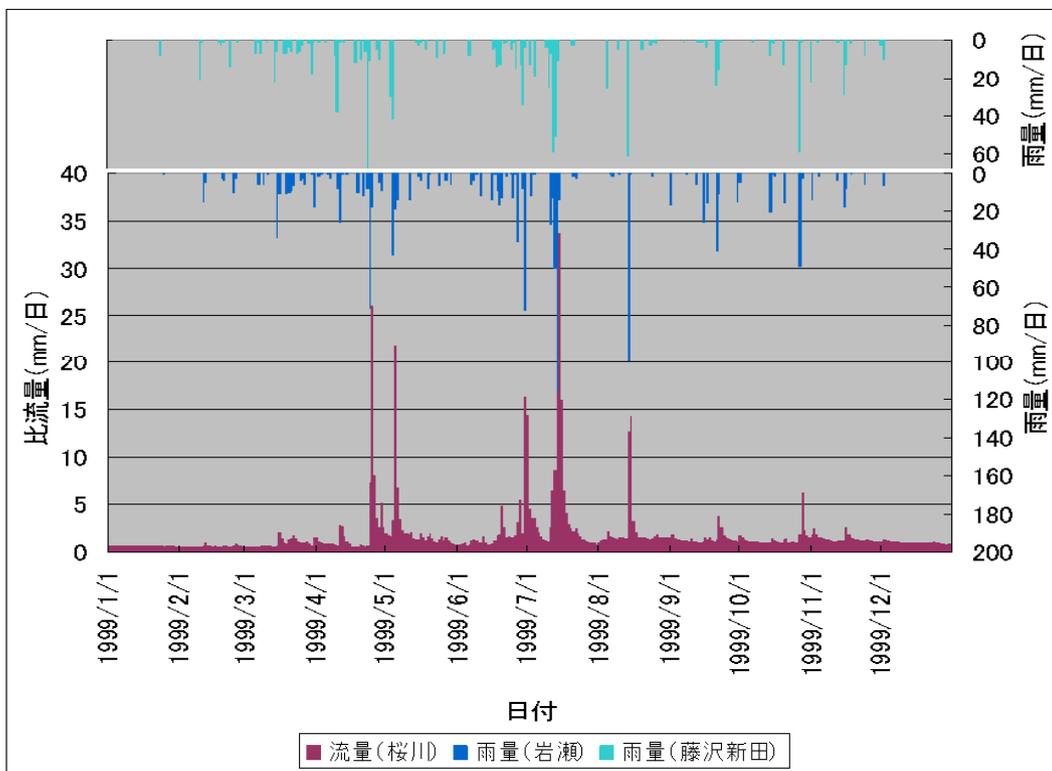
付録図5 恋瀬川流域の雨量と流量の関係(1998)



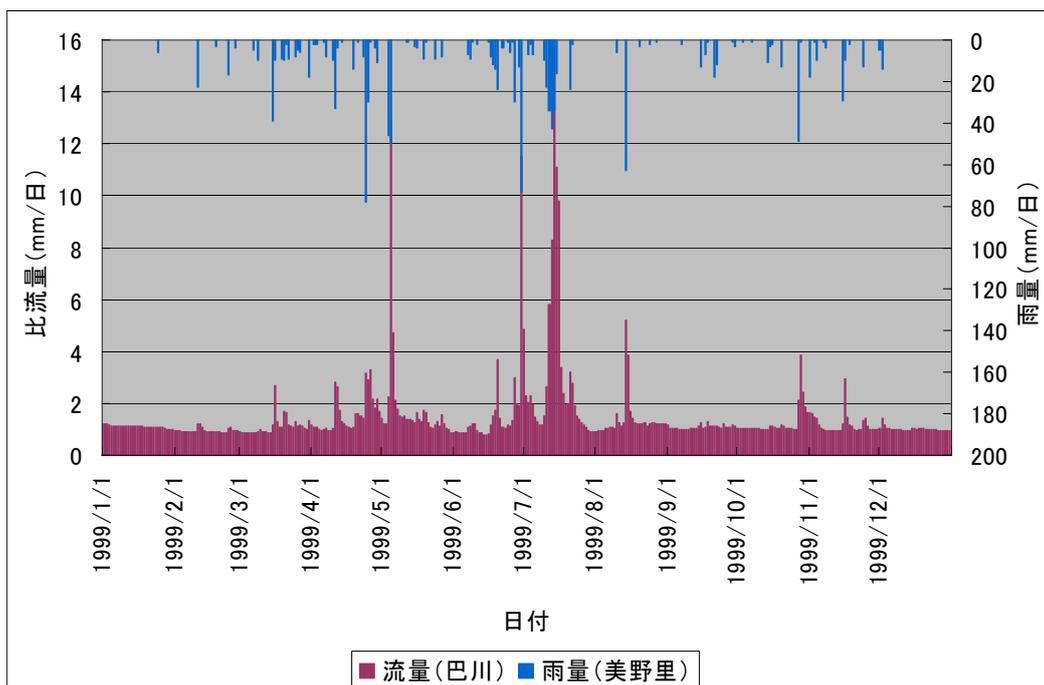
付録図6 園部川流域の雨量と流量の関係(1999)



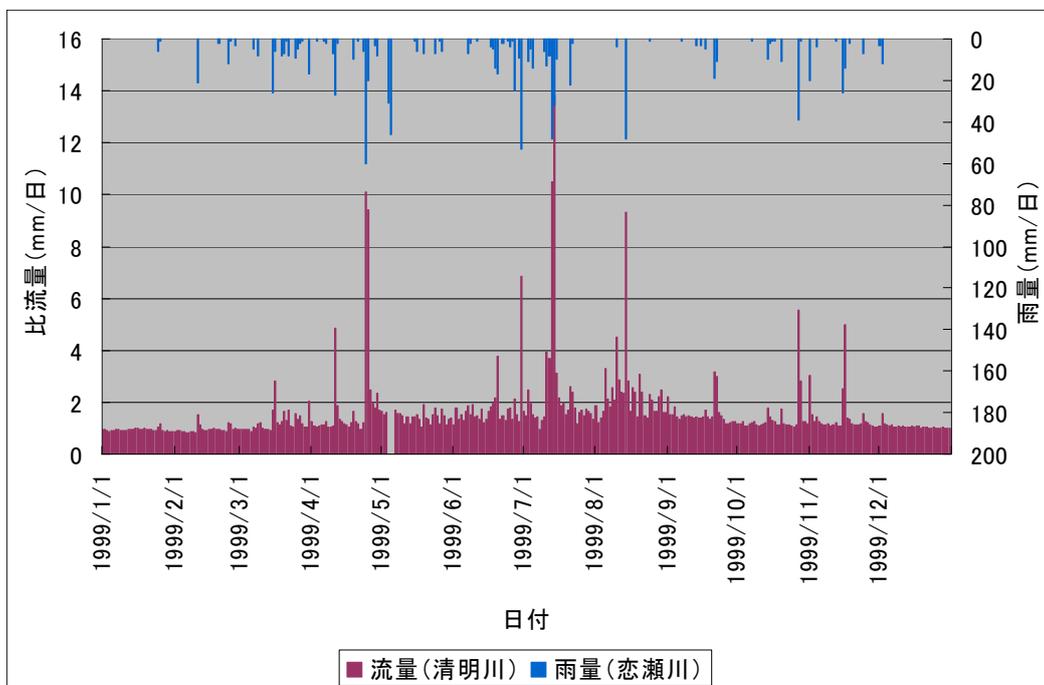
付録図7 小野川流域の雨量と流量の関係(1999)



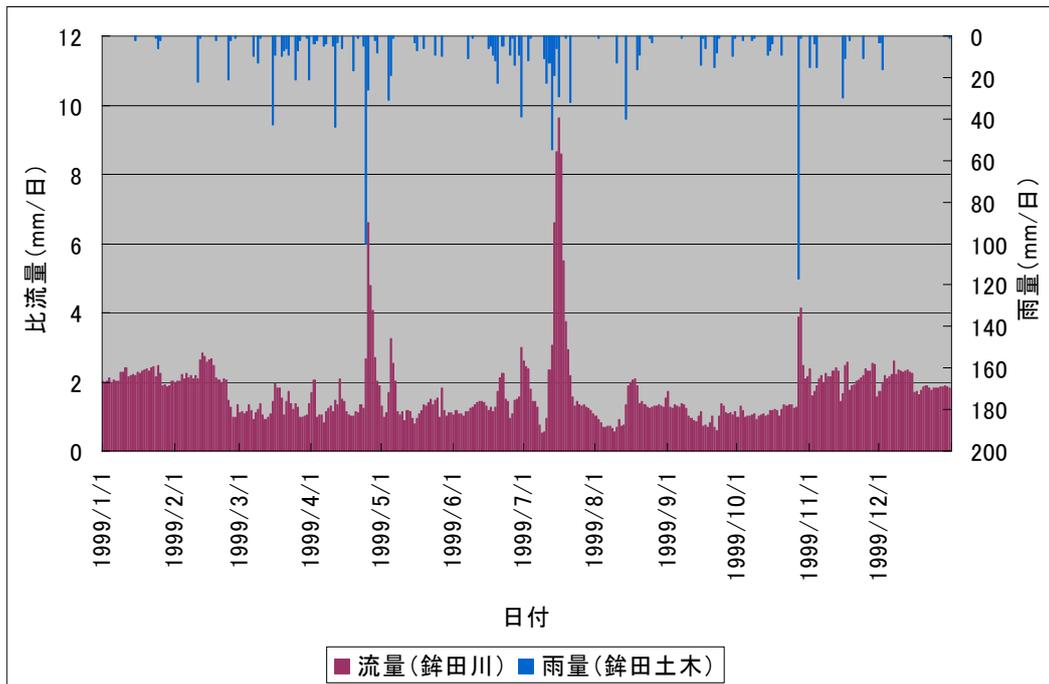
付録図8 桜川流域の雨量と流量の関係(1999)



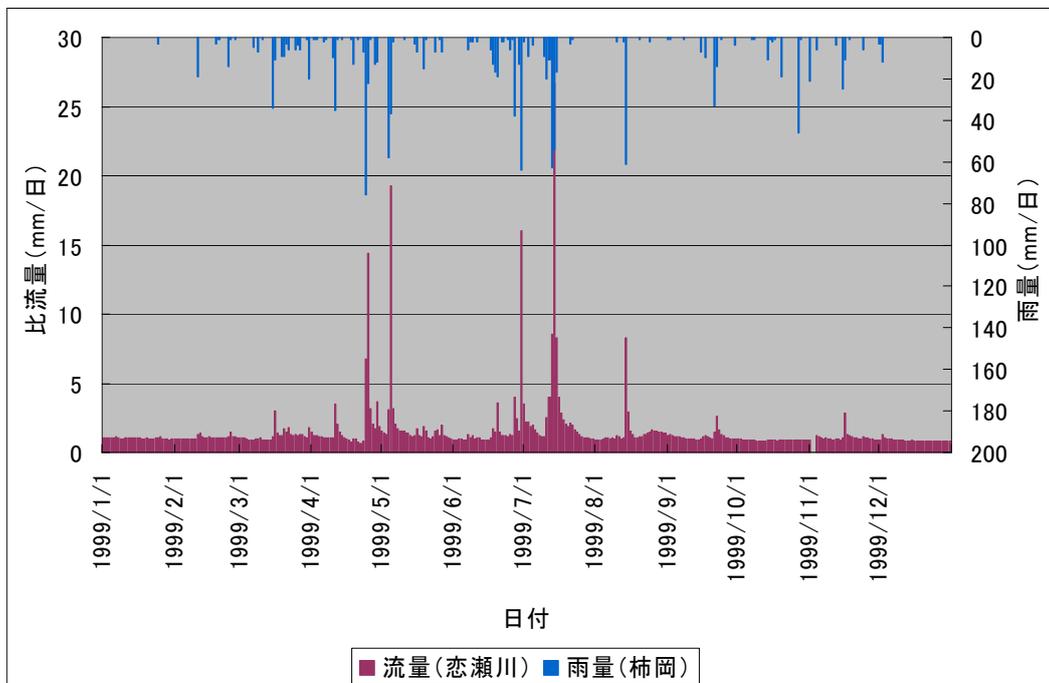
付録図9 巴川流域の雨量と流量の関係(1999)



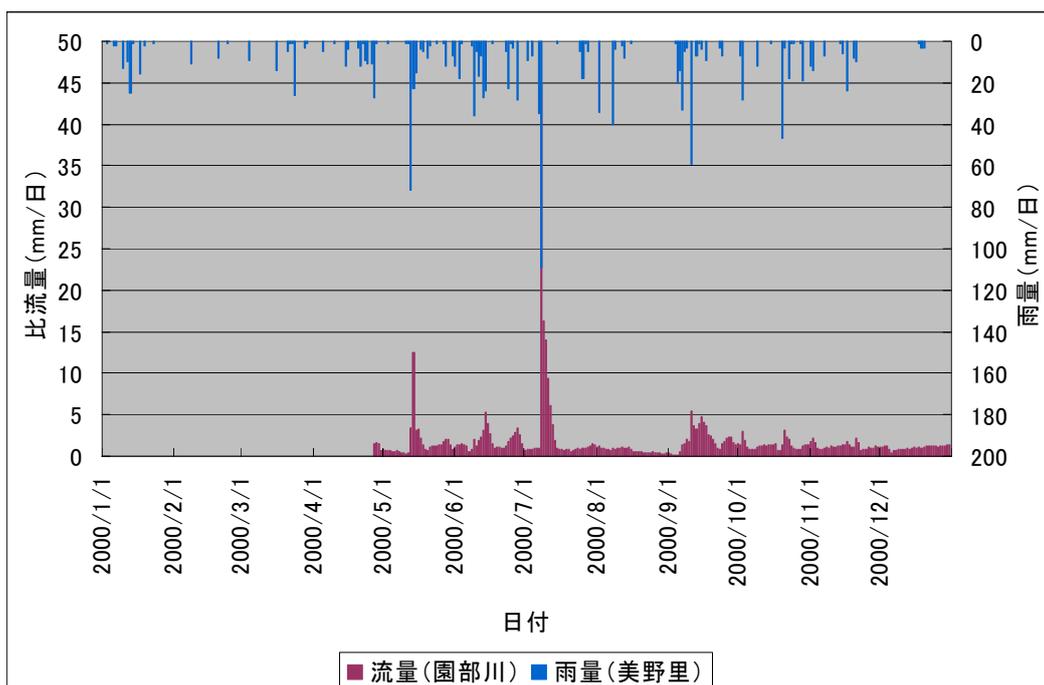
付録図10 清明川流域の雨量と流量の関係(1999)



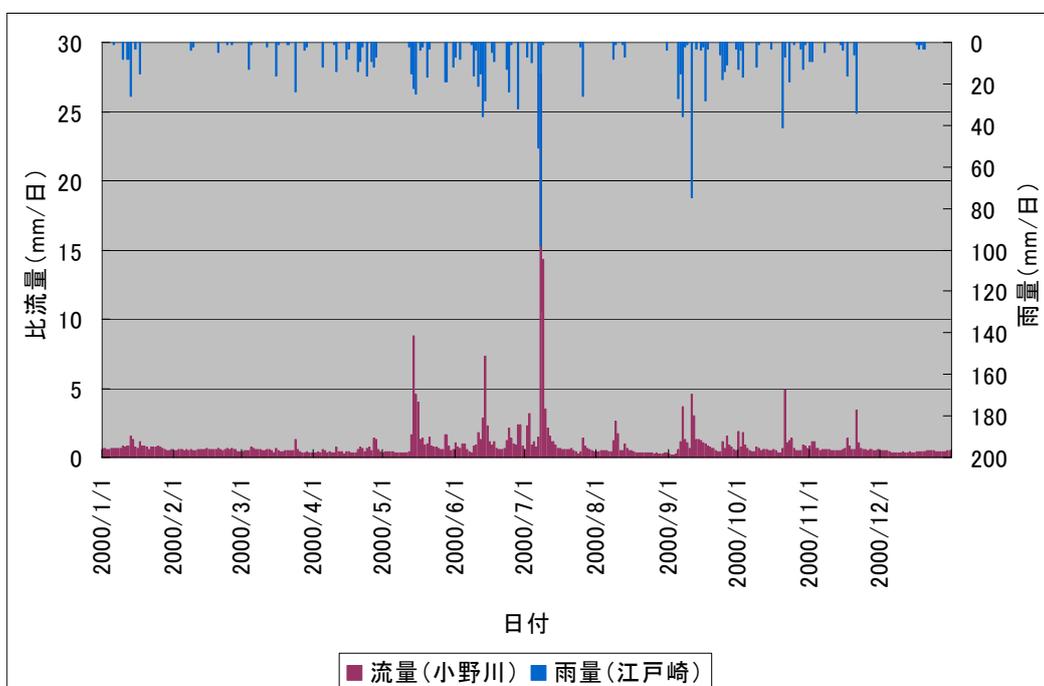
付録図11 銚田川流域の雨量と流量の関係(1999)



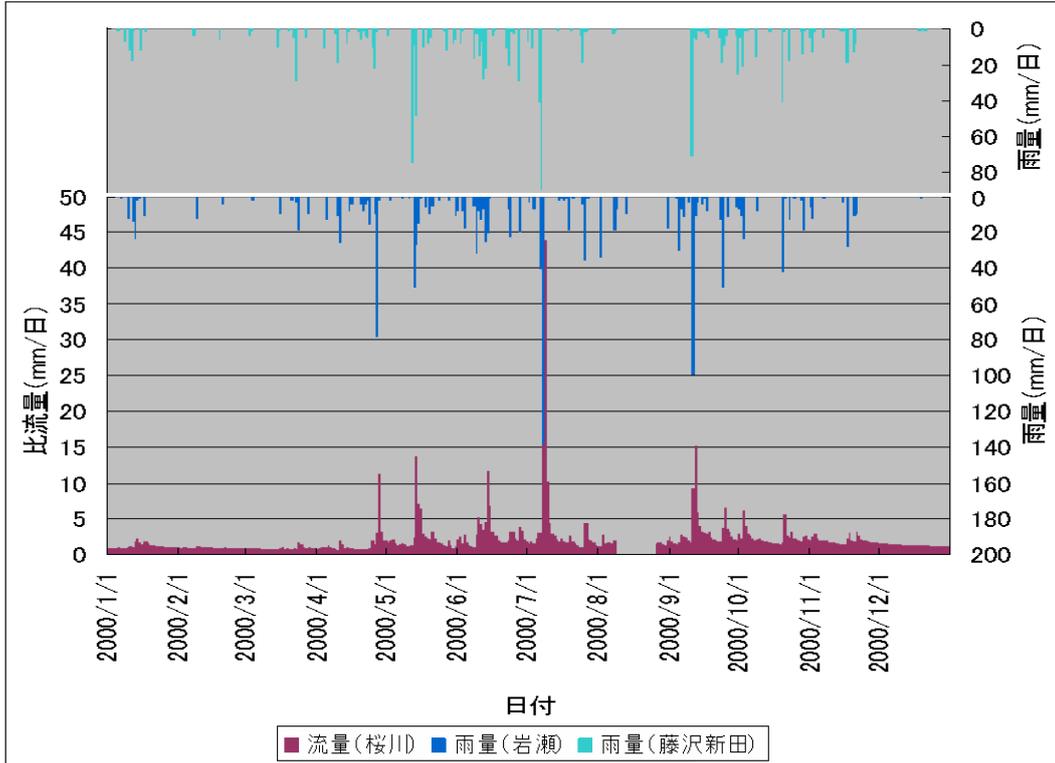
付録図12 恋瀬川流域の雨量と流量の関係(1999)



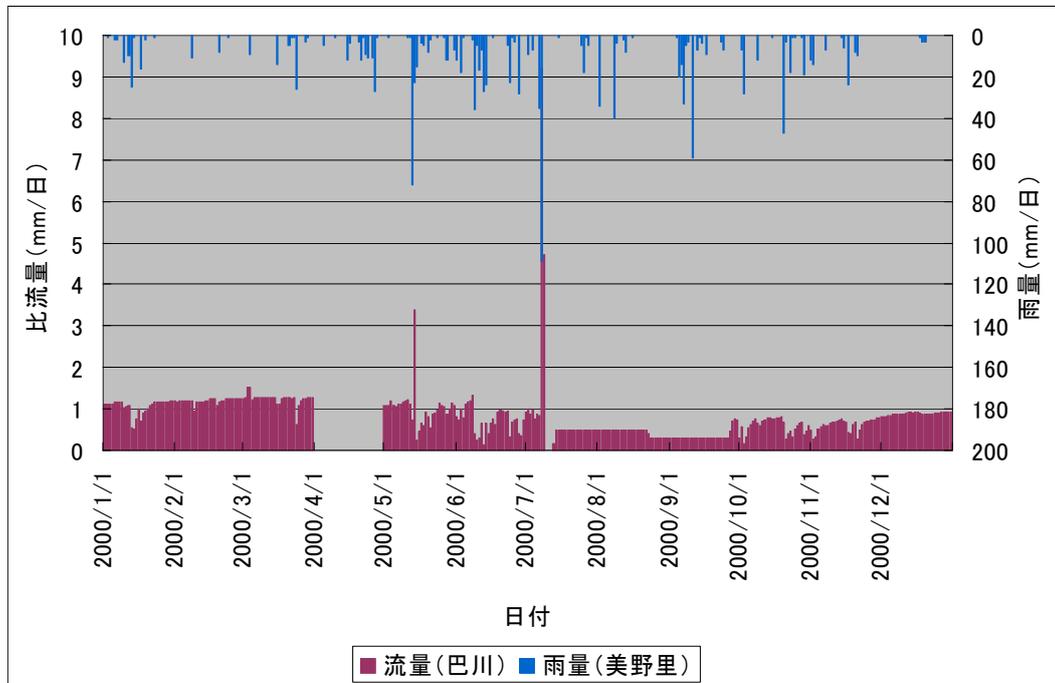
付録図13 園部川流域の雨量と流量の関係(2000)



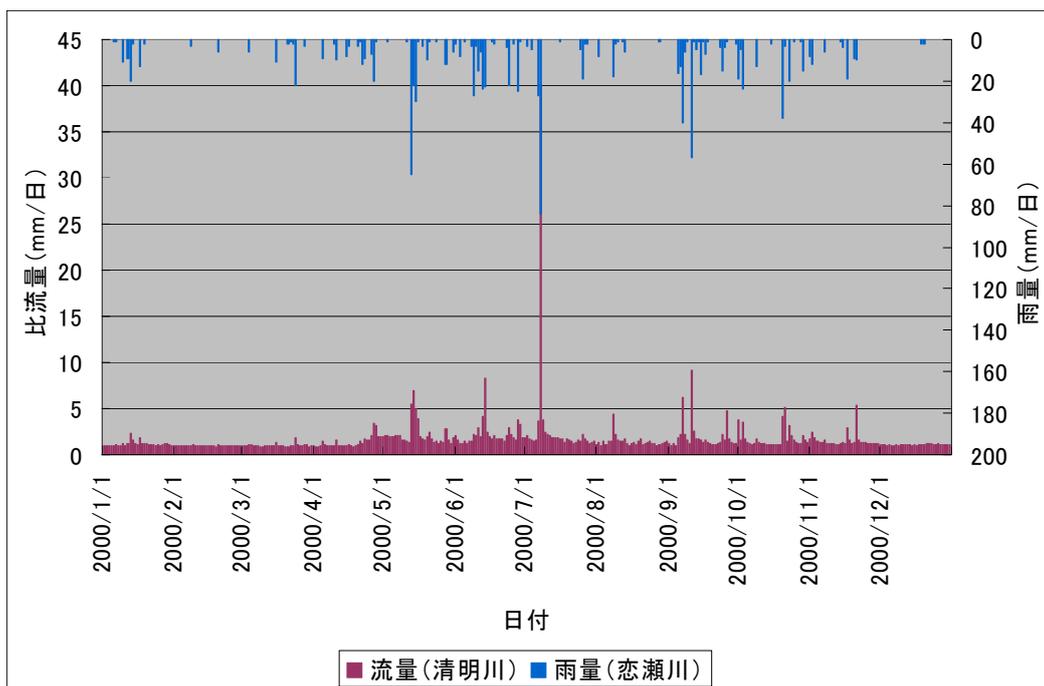
付録図14 小野川流域の雨量と流量の関係(2000)



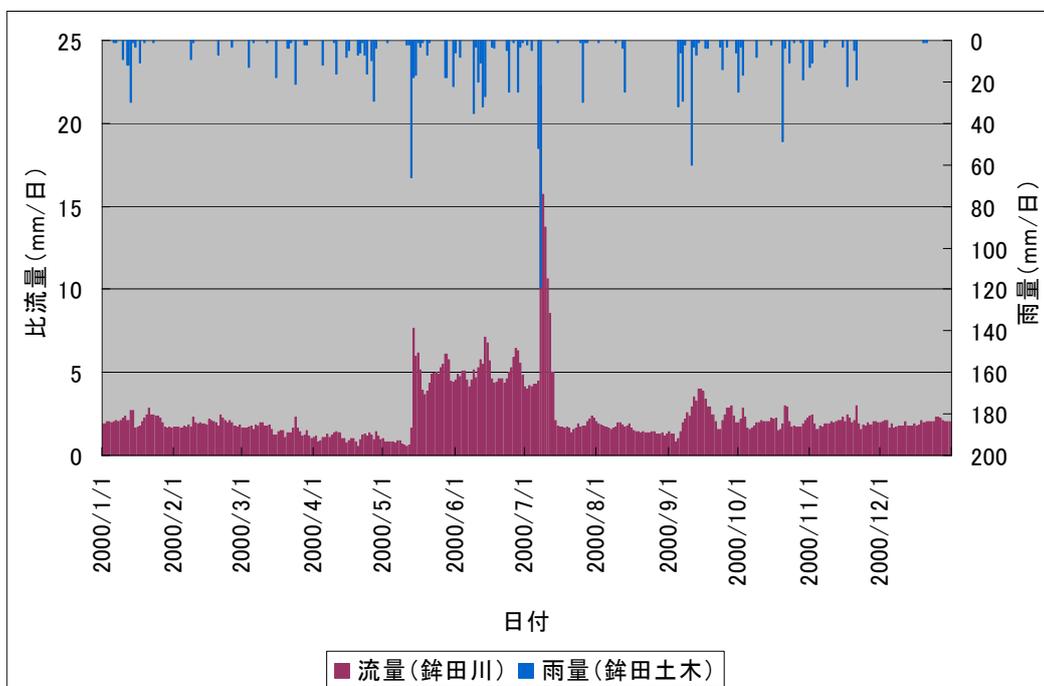
付録図15 桜川流域の雨量と流量の関係(2000)



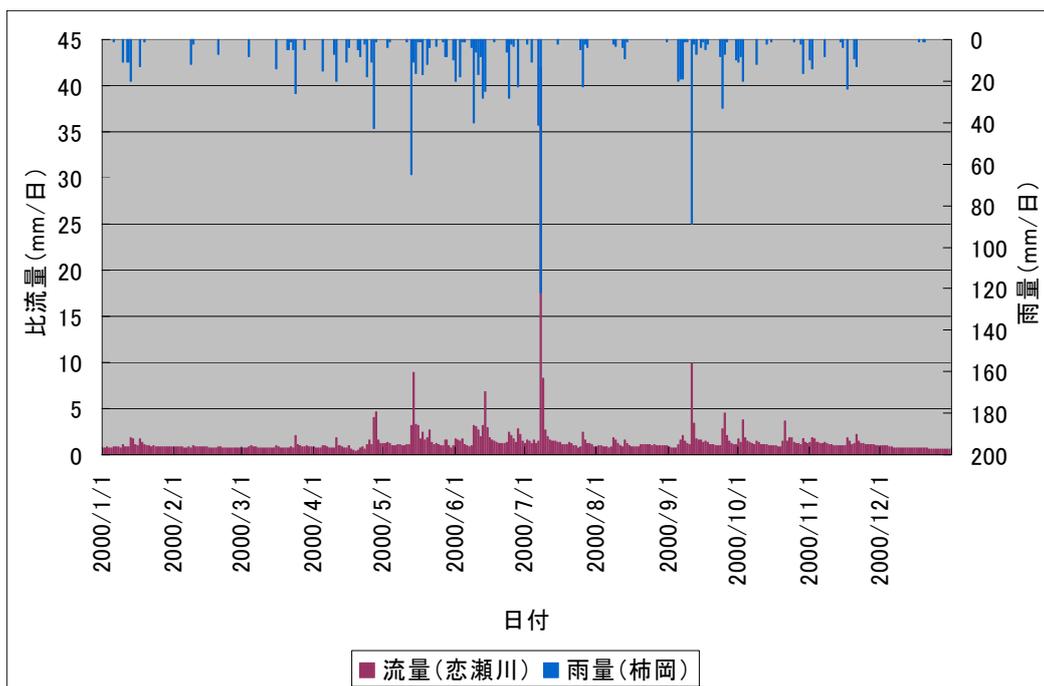
付録図16 巴川流域の雨量と流量の関係(2000)



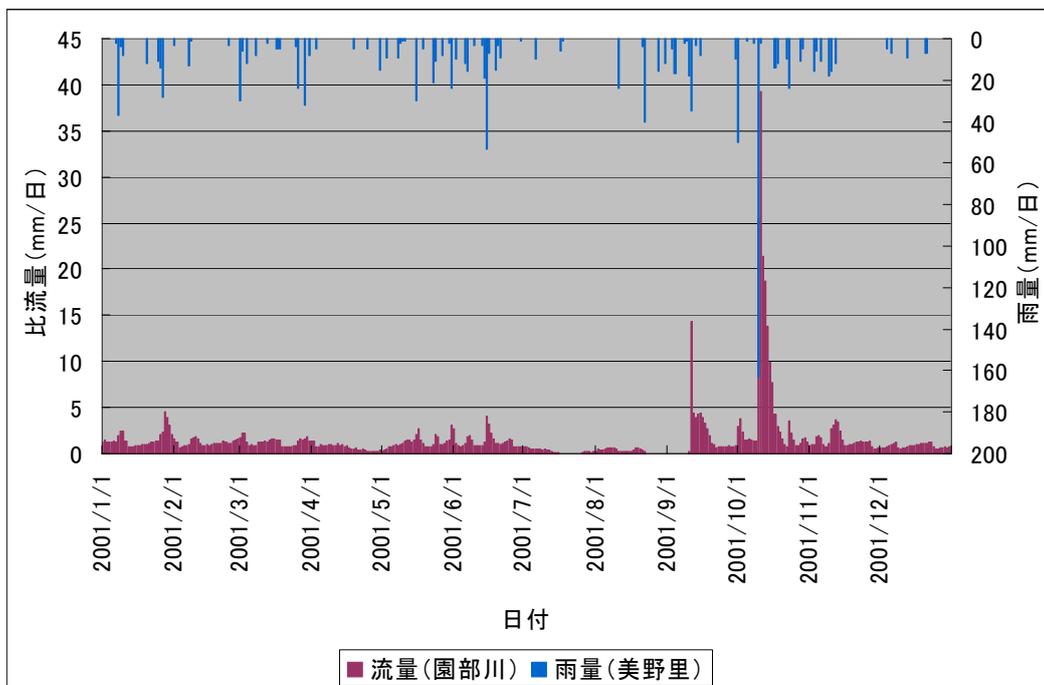
付録図17 清明川流域の雨量と流量の関係(2000)



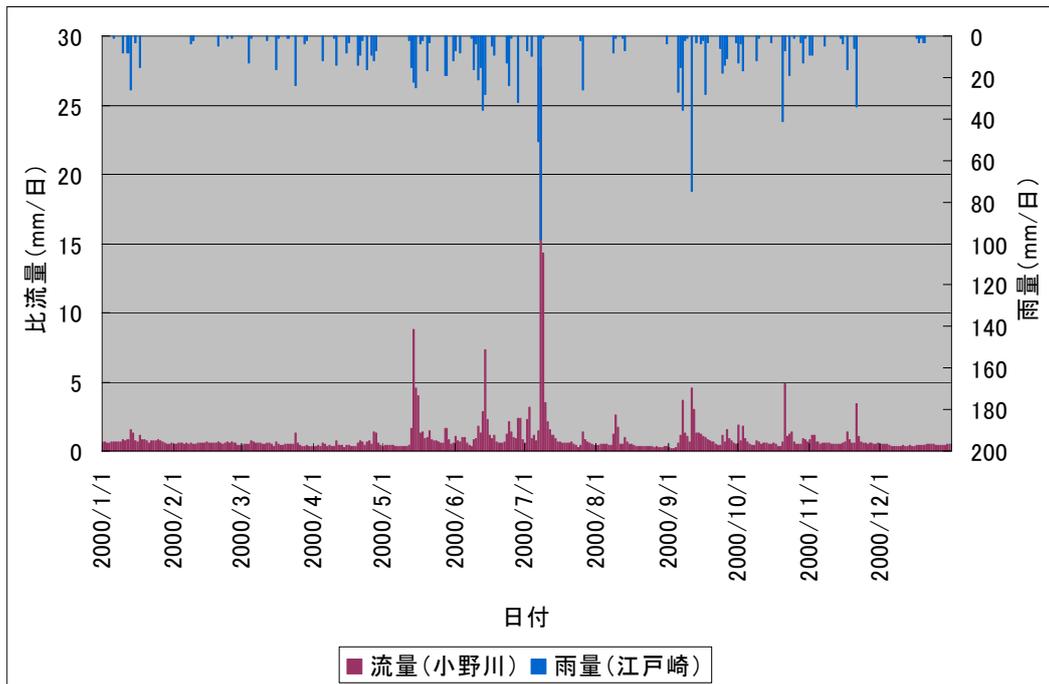
付録図18 鉾田川流域の雨量と流量の関係(2000)



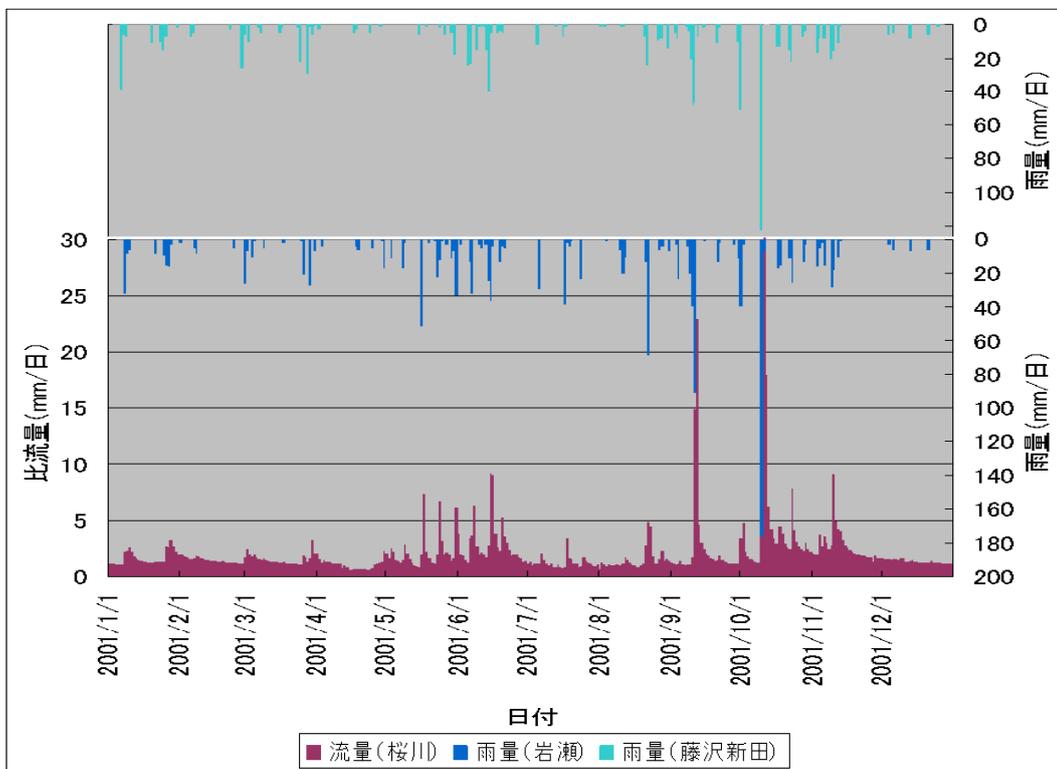
付録図19 恋瀬川流域の雨量と流量の関係(2000)



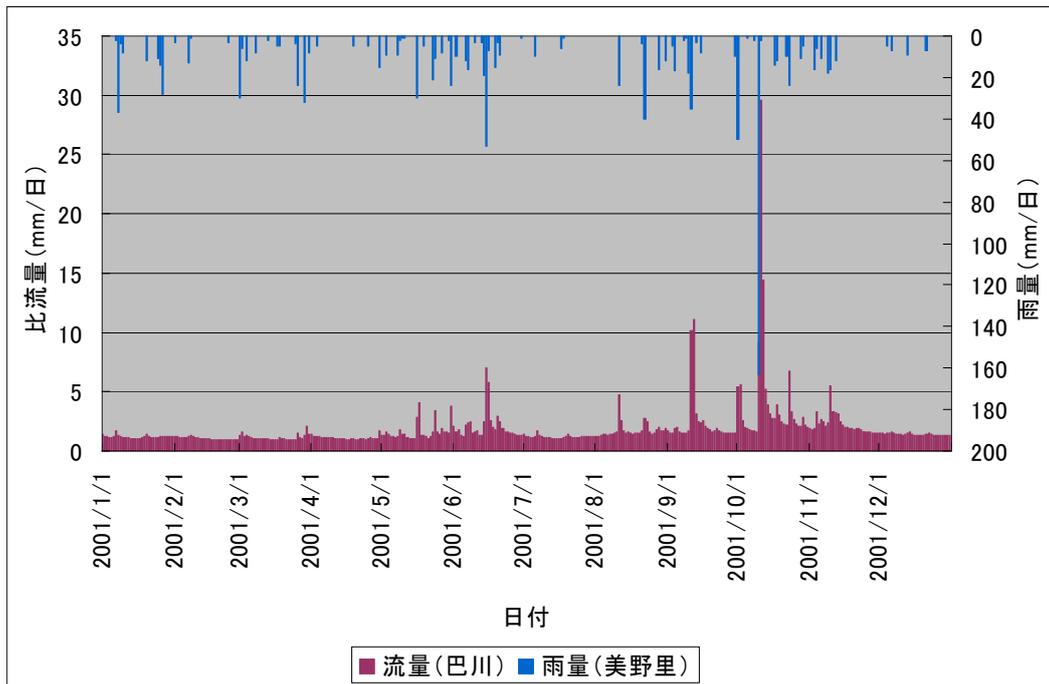
付録図20 園部川流域の雨量と流量の関係(2001)



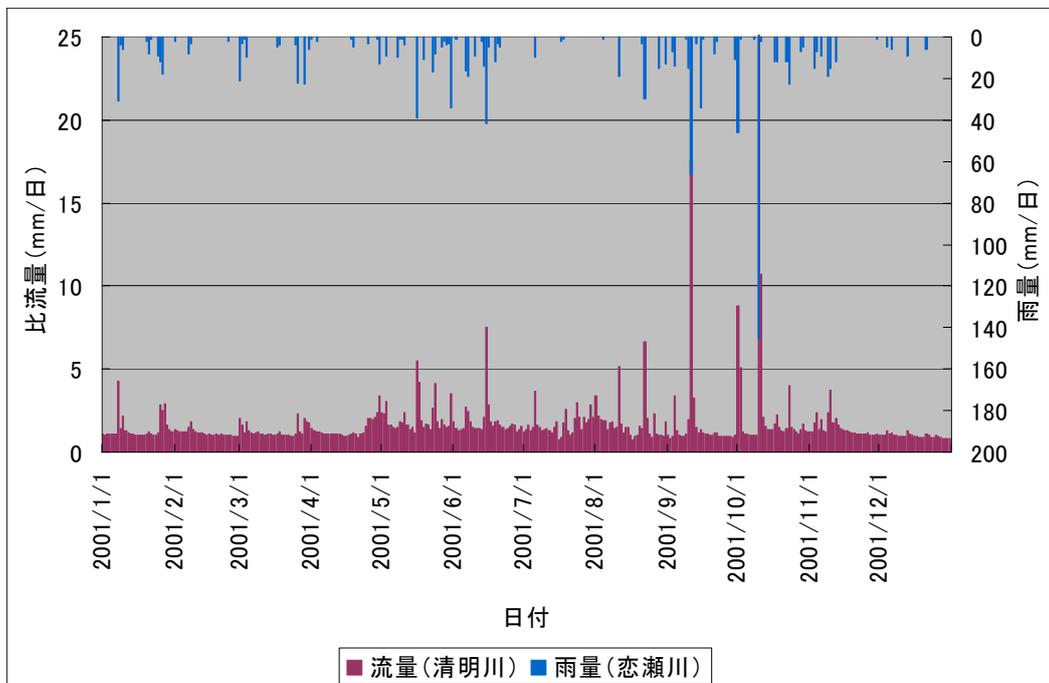
付録図21 小野川流域の雨量と流量の関係(2001)



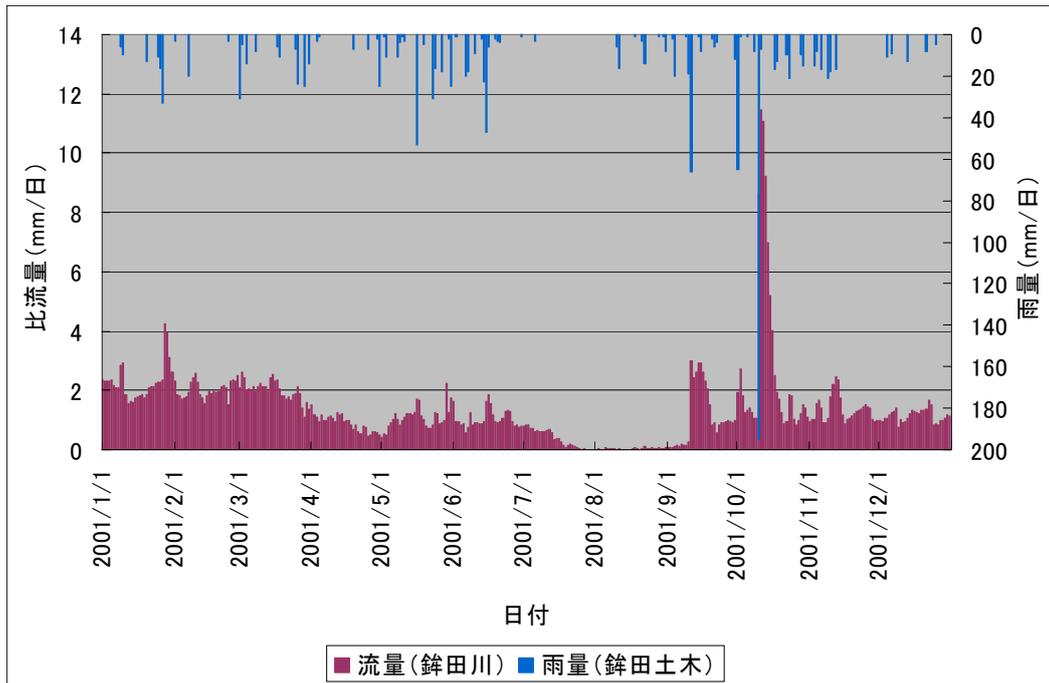
付録図22 桜川流域の雨量と流量の関係(2001)



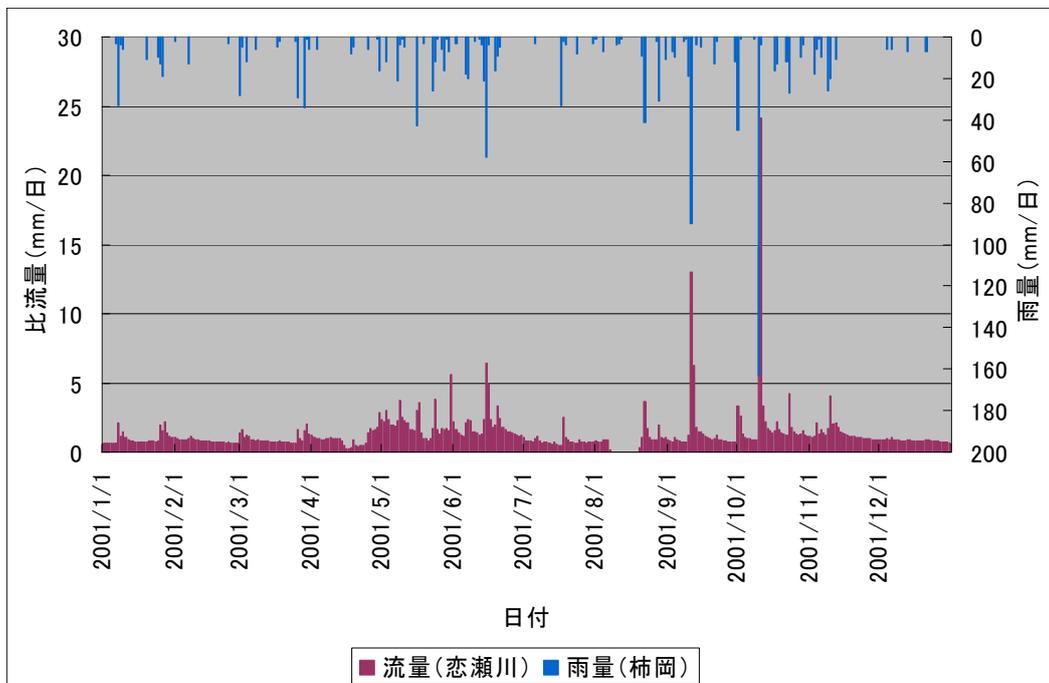
付録図23 巴川流域の雨量と流量の関係(2001)



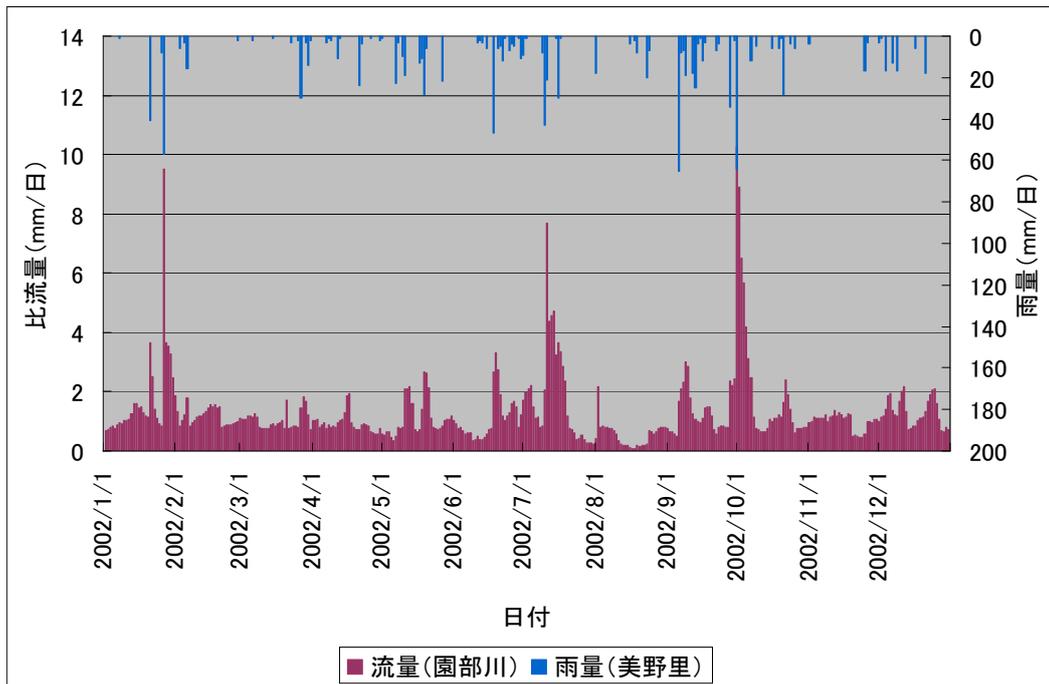
付録図24 清明川流域の雨量と流量の関係(2001)



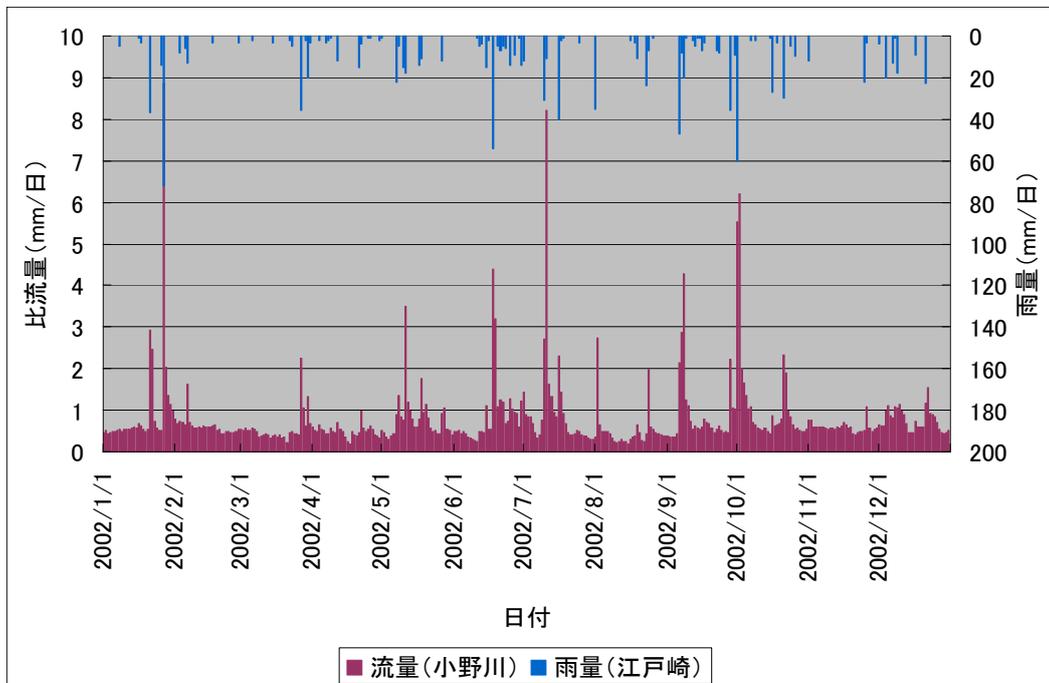
付録図25 銚田川流域の雨量と流量の関係(2001)



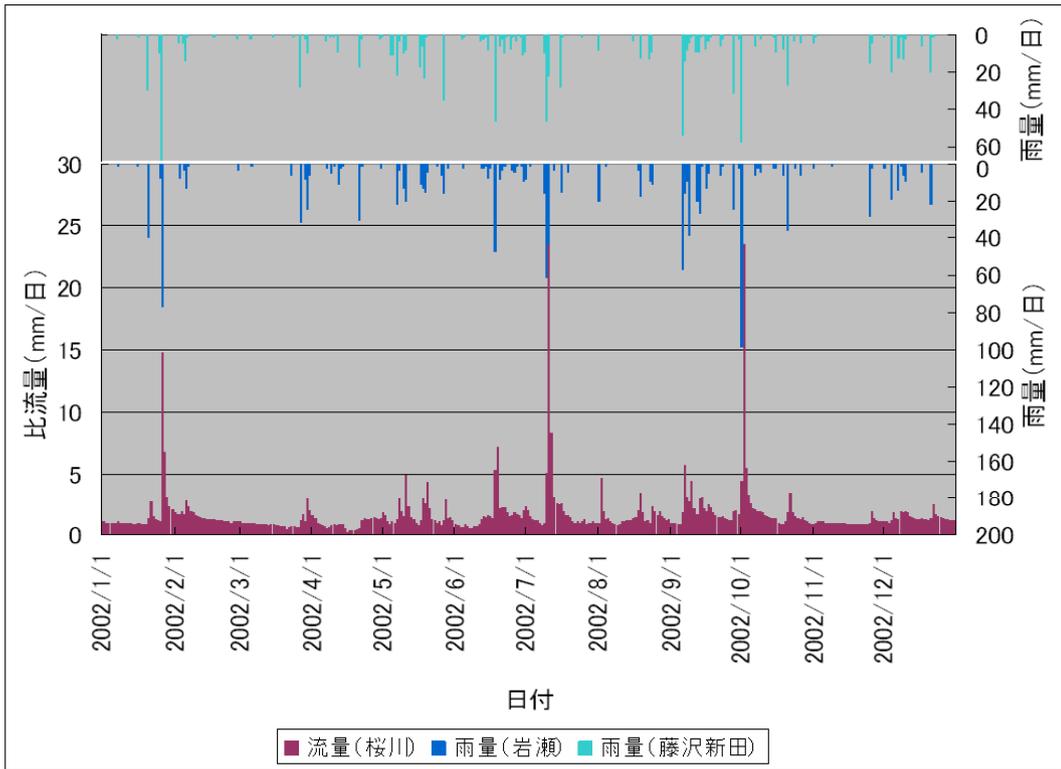
付録図26 恋瀬川流域の雨量と流量の関係(2001)



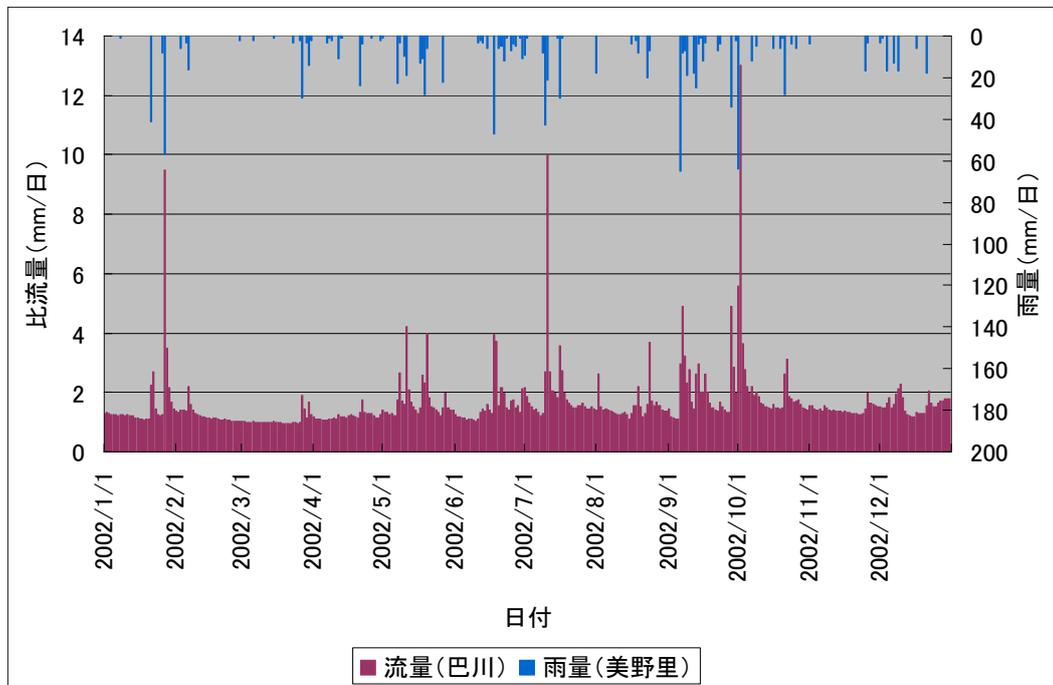
付録図27 園部川流域の雨量と流量の関係(2002)



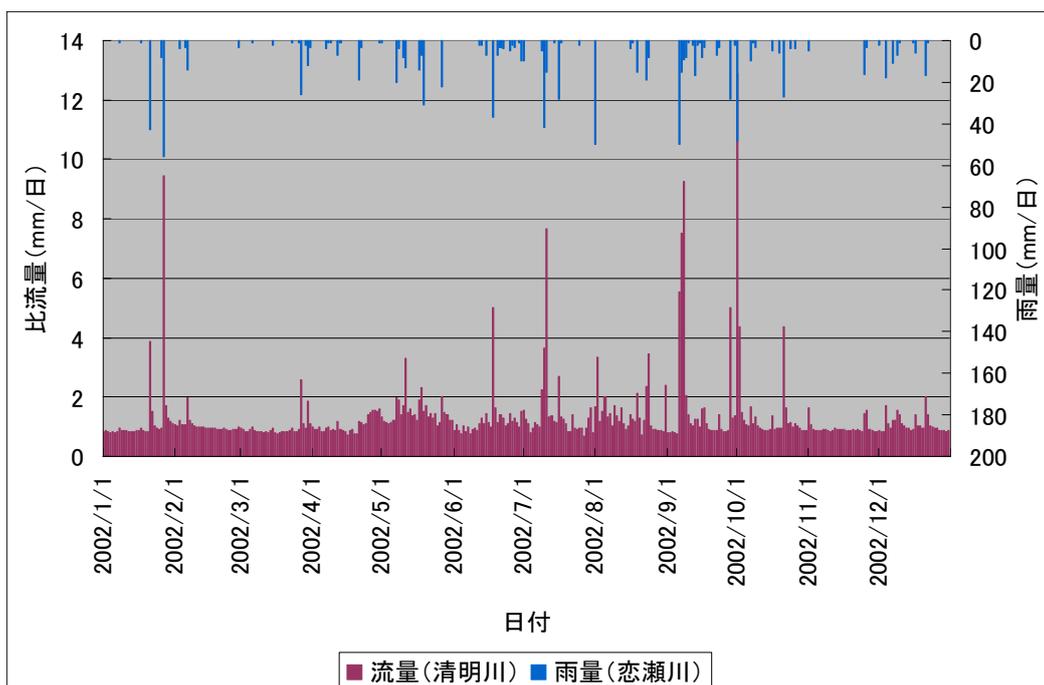
付録図28 小野川流域の雨量と流量の関係(2002)



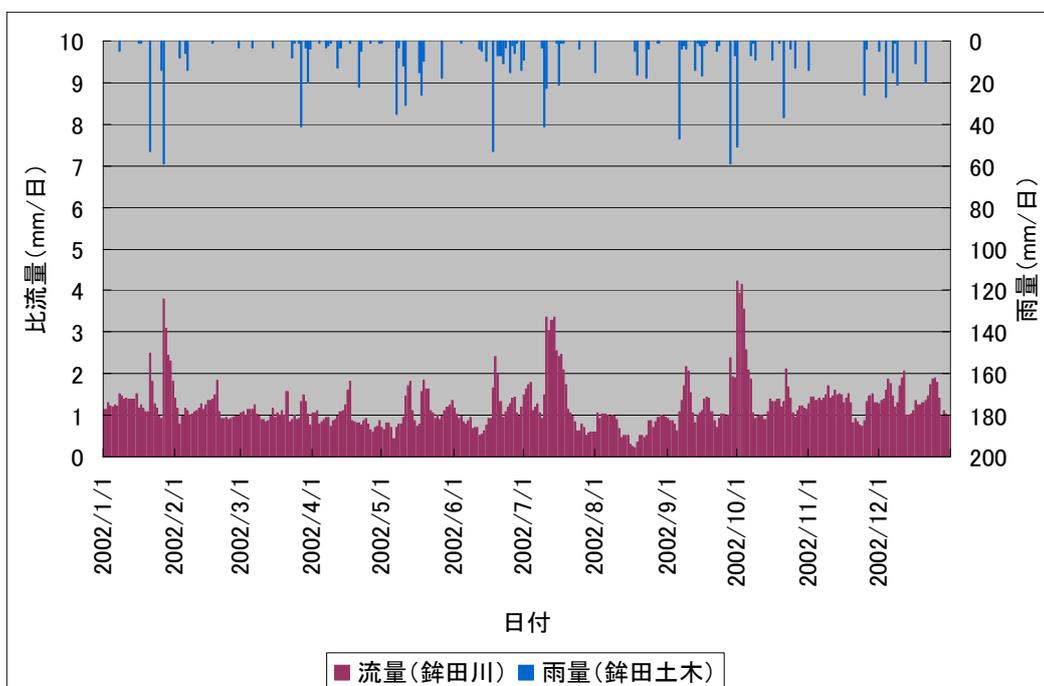
付録図29 桜川流域の雨量と流量の関係(2002)



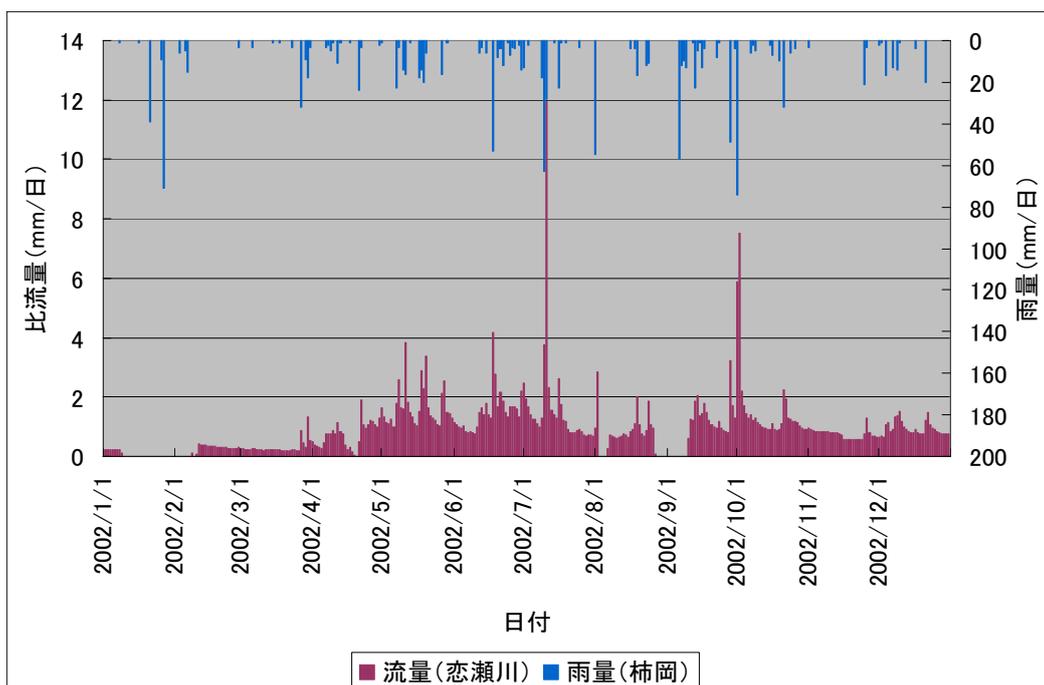
付録図30 巴川流域の雨量と流量の関係(2002)



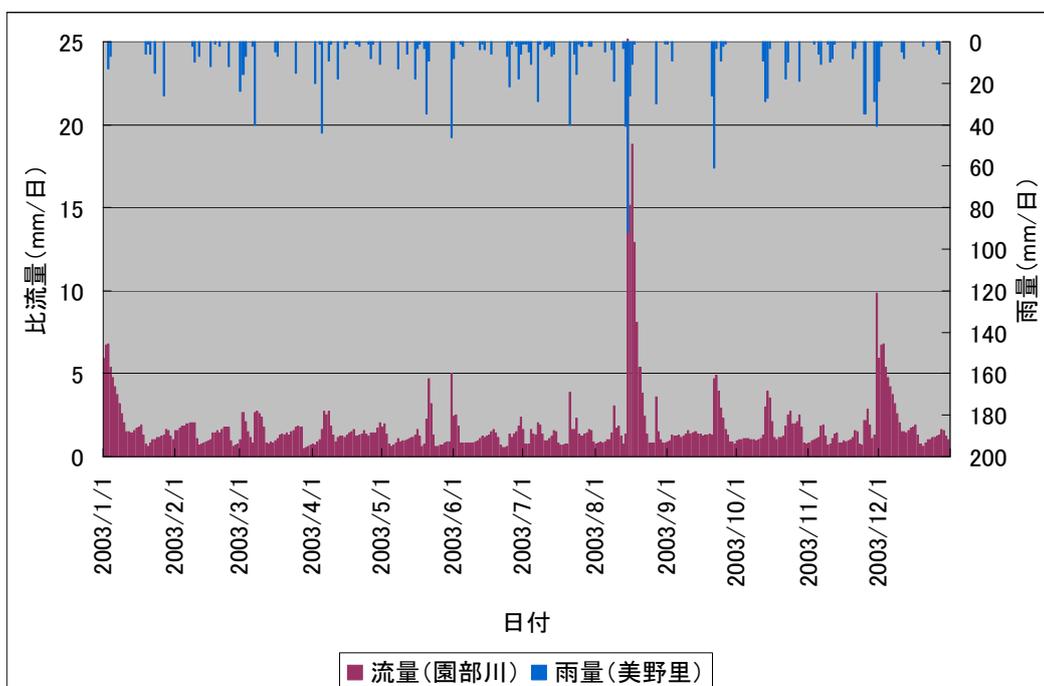
付録図31 清明川流域の雨量と流量の関係(2002)



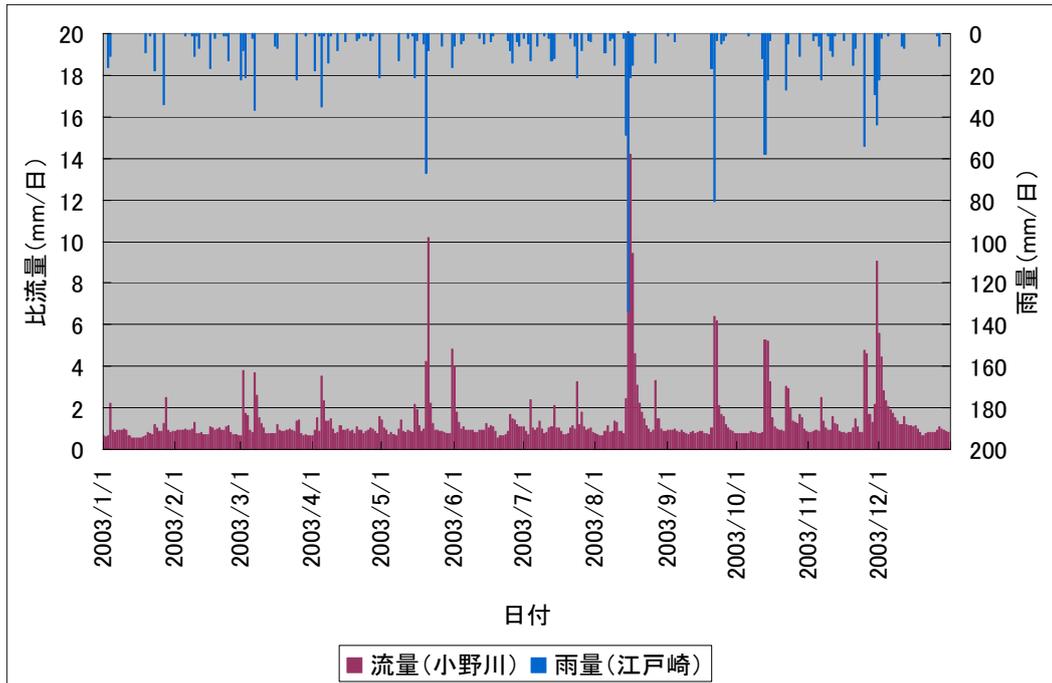
付録図32 鉾田川流域の雨量と流量の関係(2002)



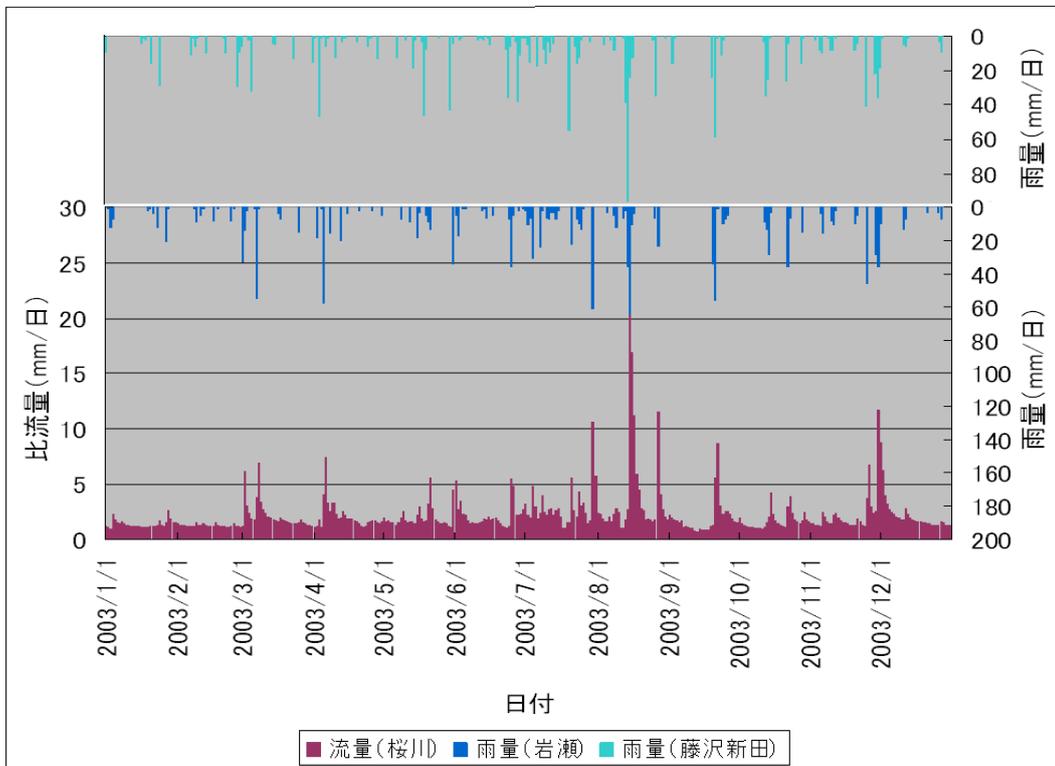
付録図33 恋瀬川流域の雨量と流量の関係(2002)



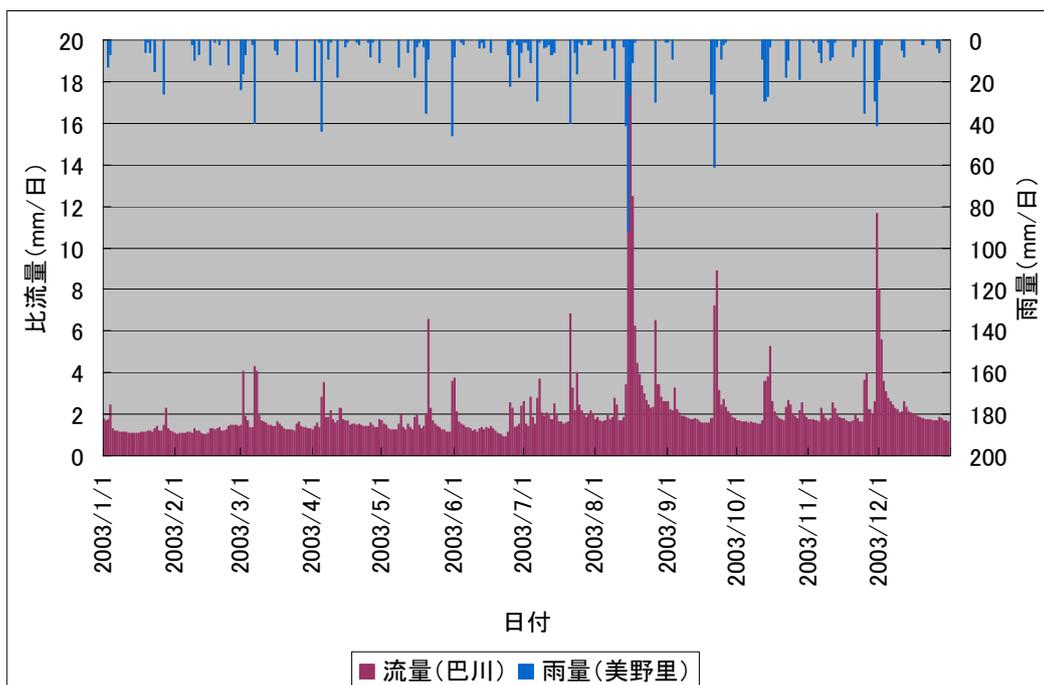
付録図34 園部川流域の雨量と流量の関係(2003)



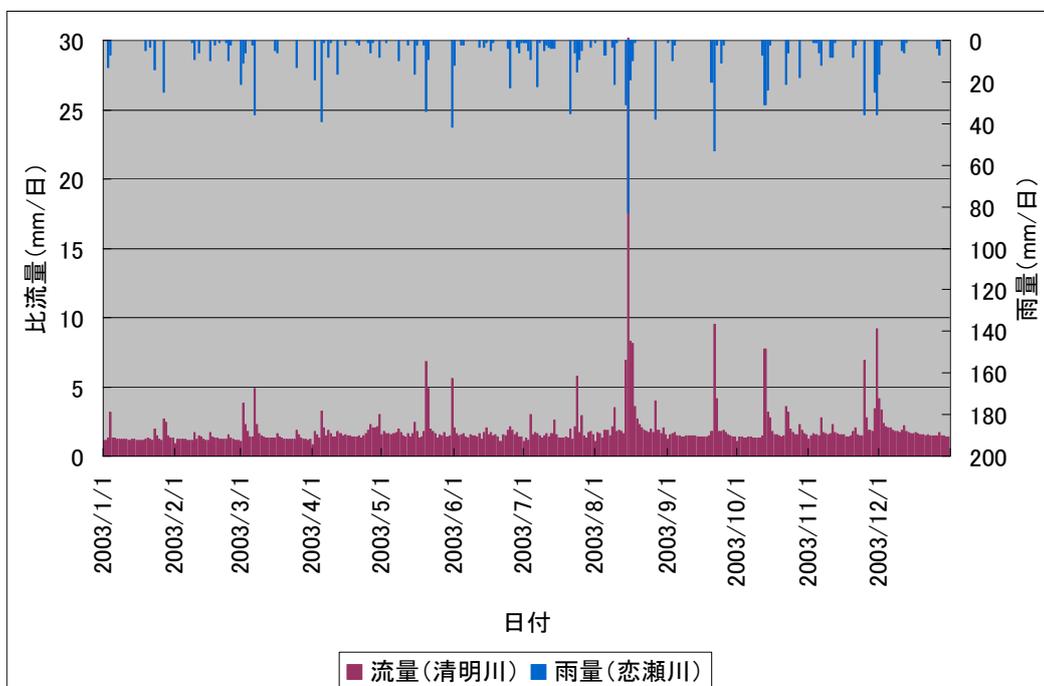
付録図35 小野川流域の雨量と流量の関係(2003)



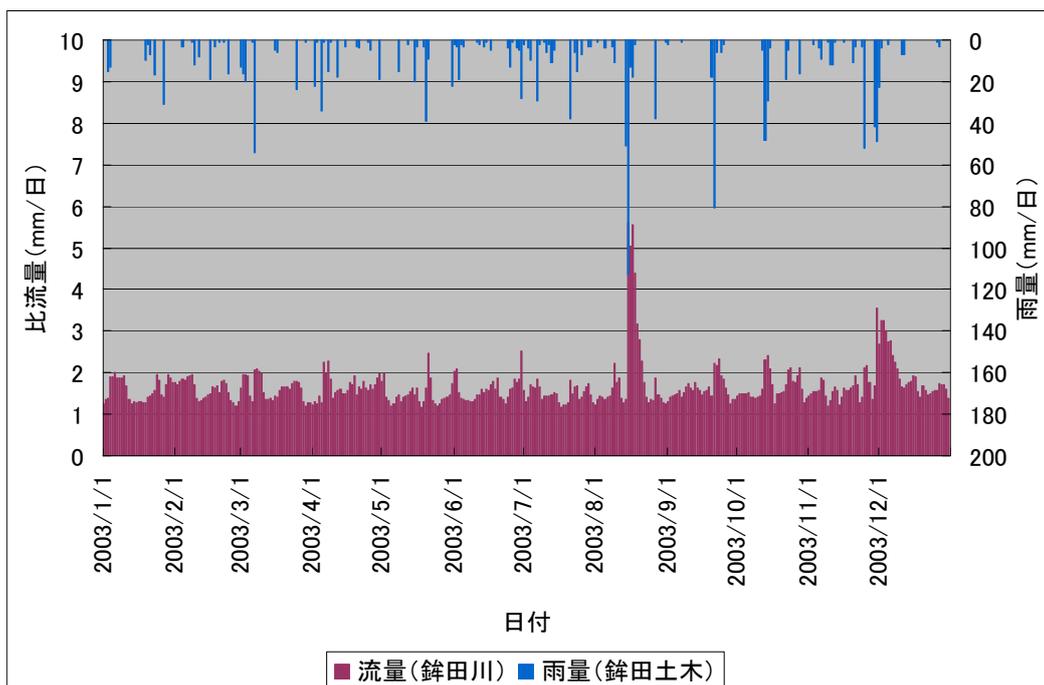
付録図36 桜川流域の雨量と流量の関係(2003)



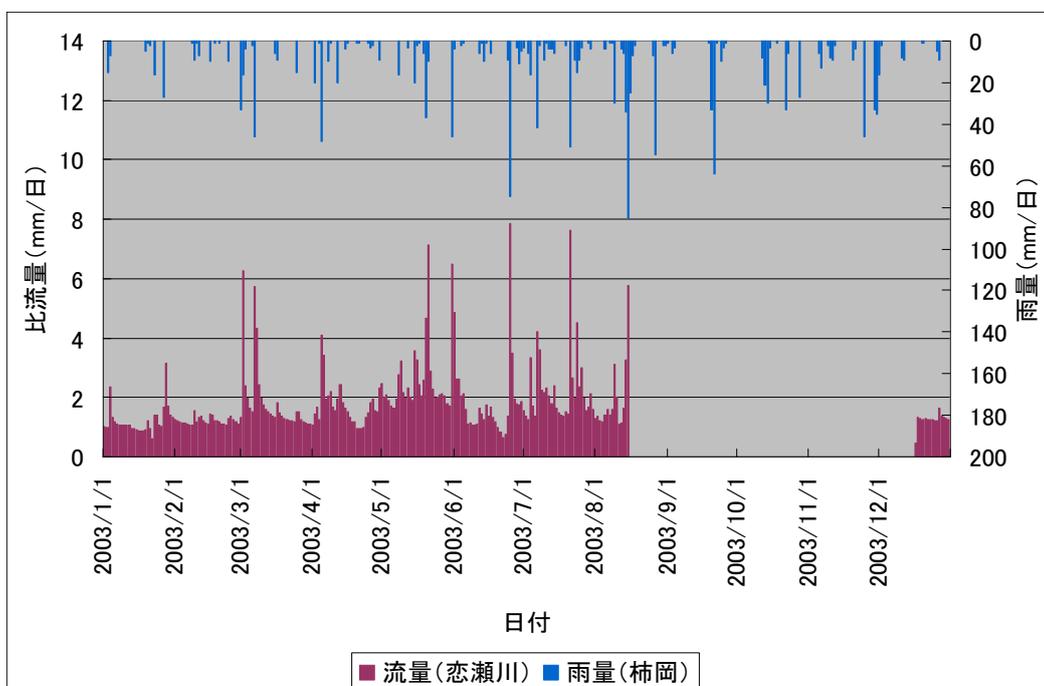
付録図37 巴川流域の雨量と流量の関係(2003)



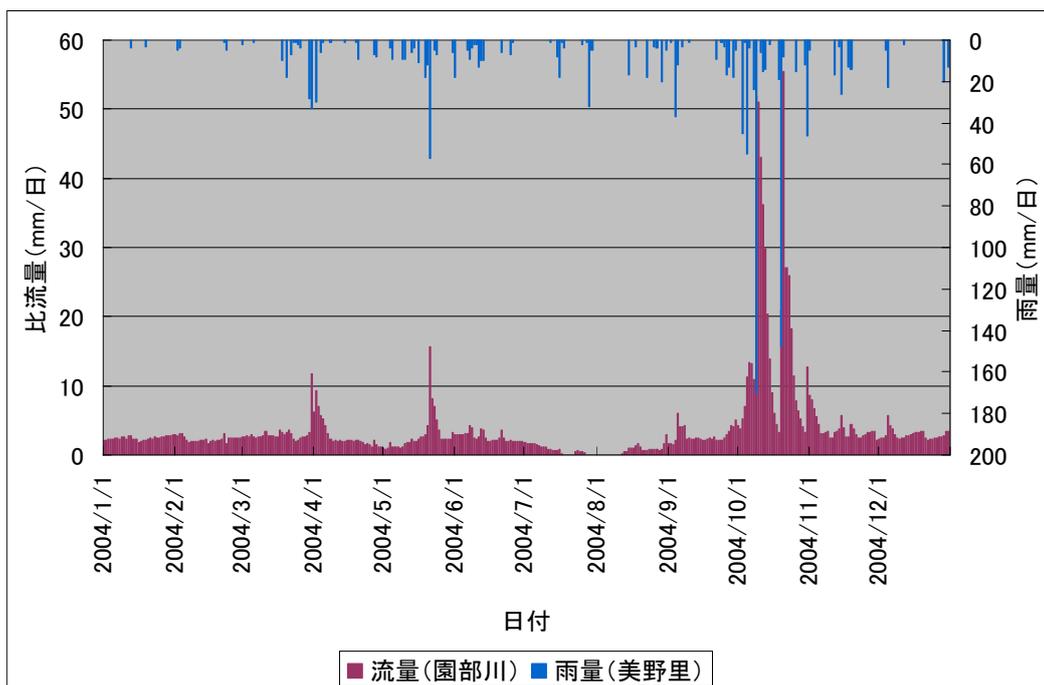
付録図38 清明川流域の雨量と流量の関係(2003)



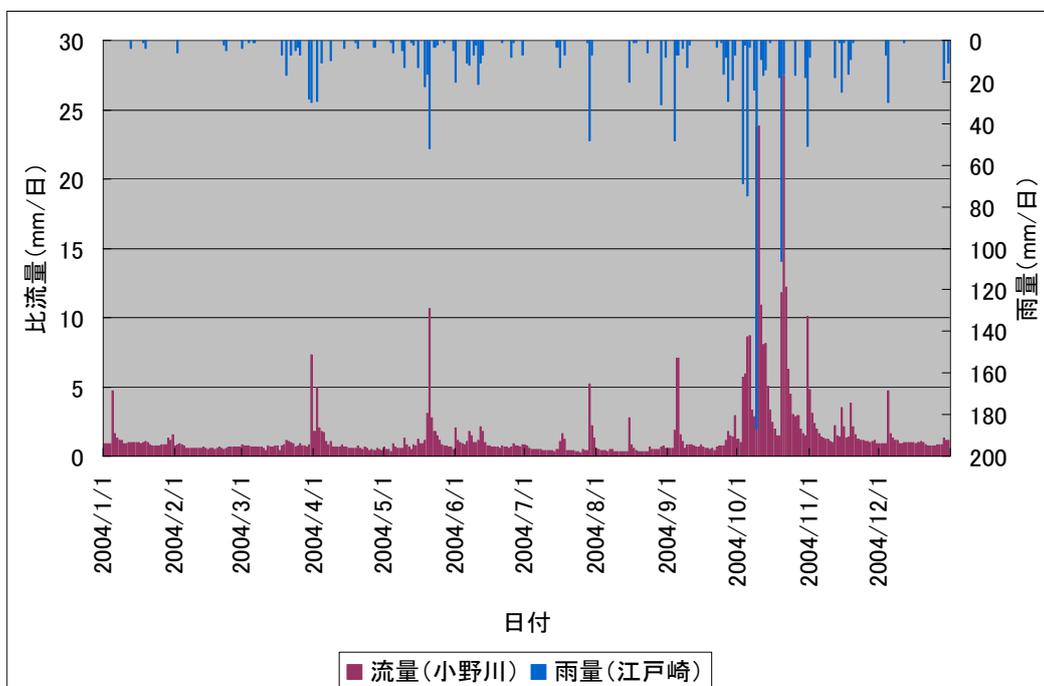
付録図39 銚田川流域の雨量と流量の関係(2003)



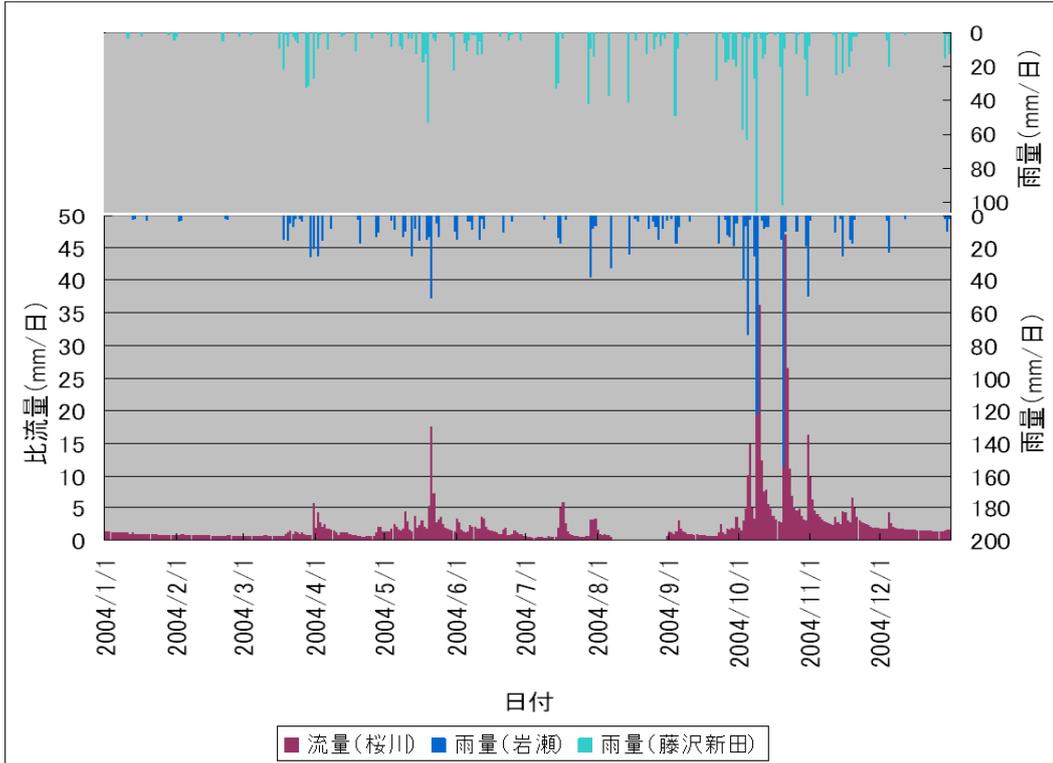
付録図40 恋瀬川流域の雨量と流量の関係(2003)



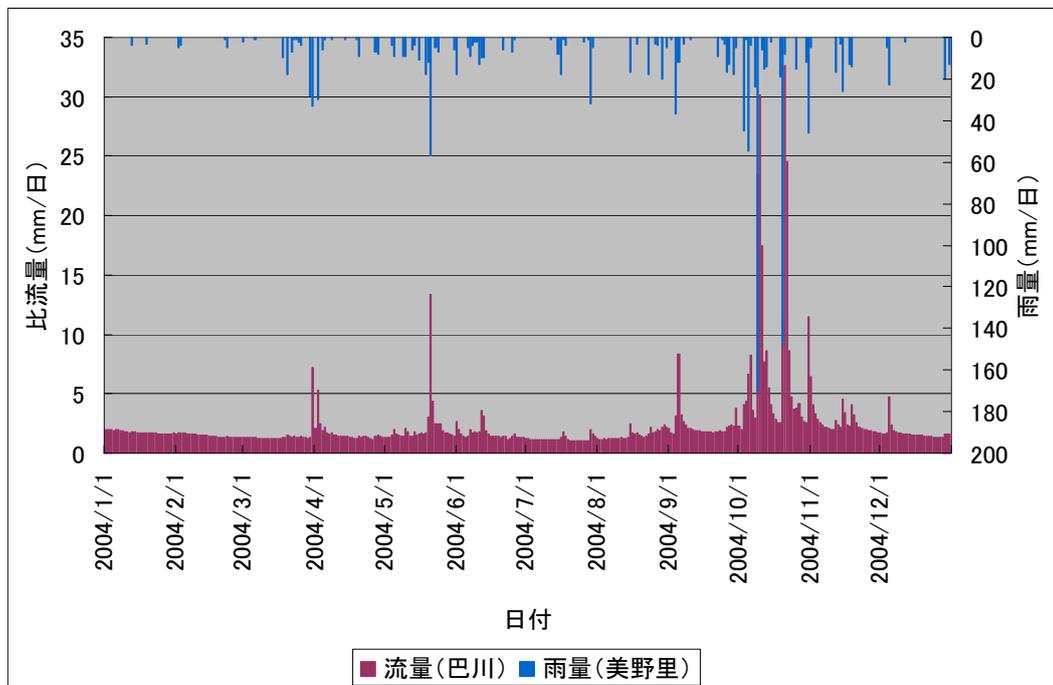
付録図41 園部川流域の雨量と流量の関係(2004)



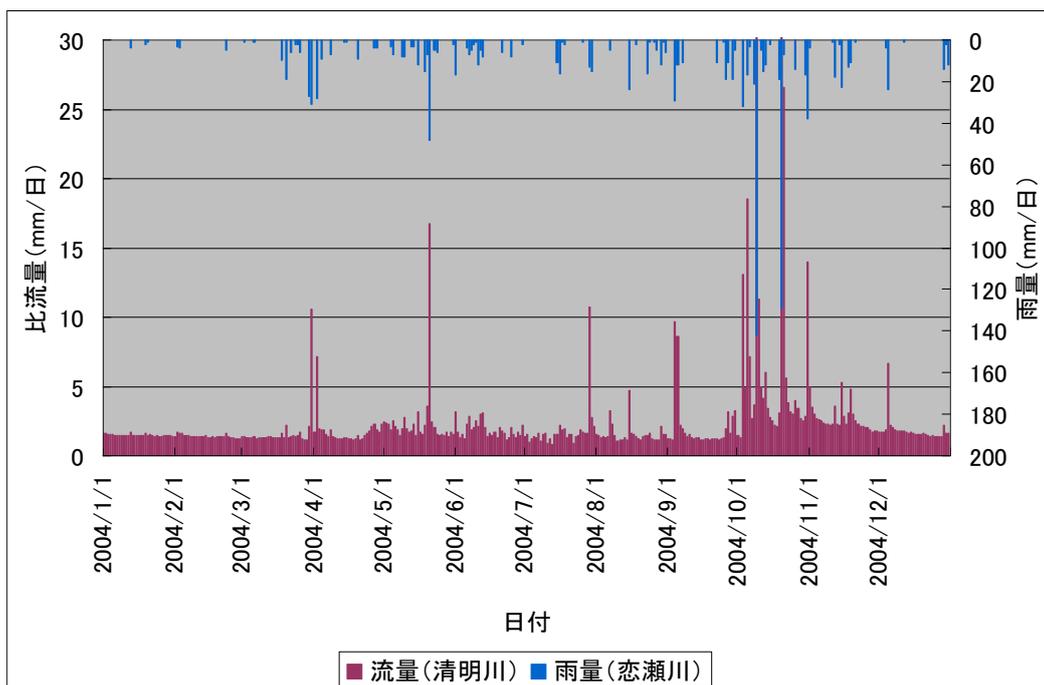
付録図42 小野川流域の雨量と流量の関係(2004)



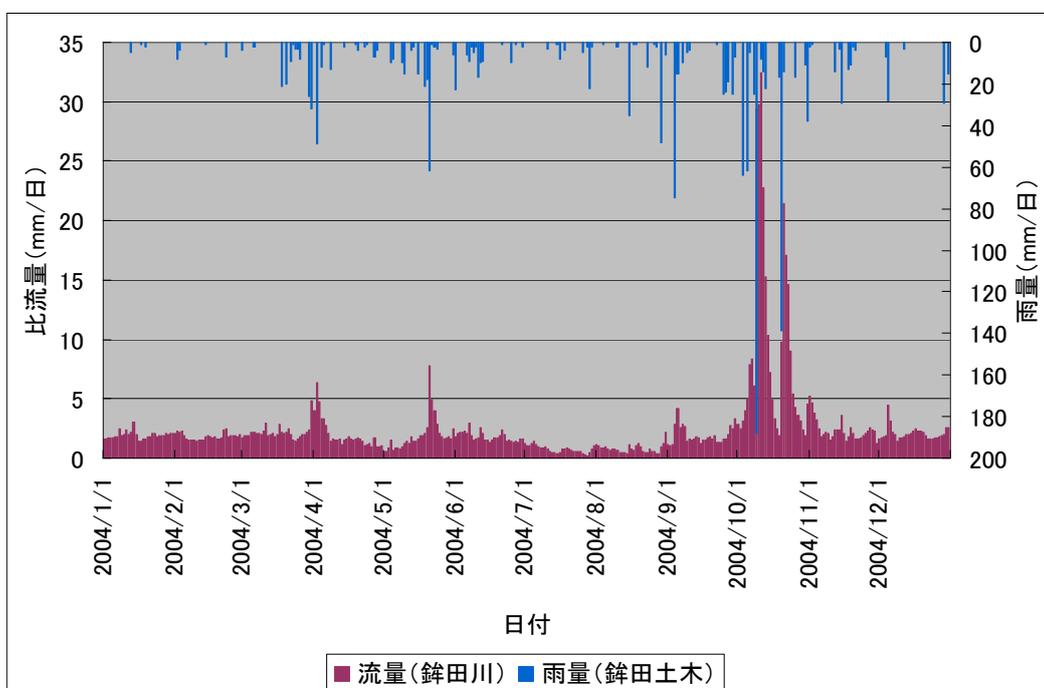
付録図43 桜川流域の雨量と流量の関係(2004)



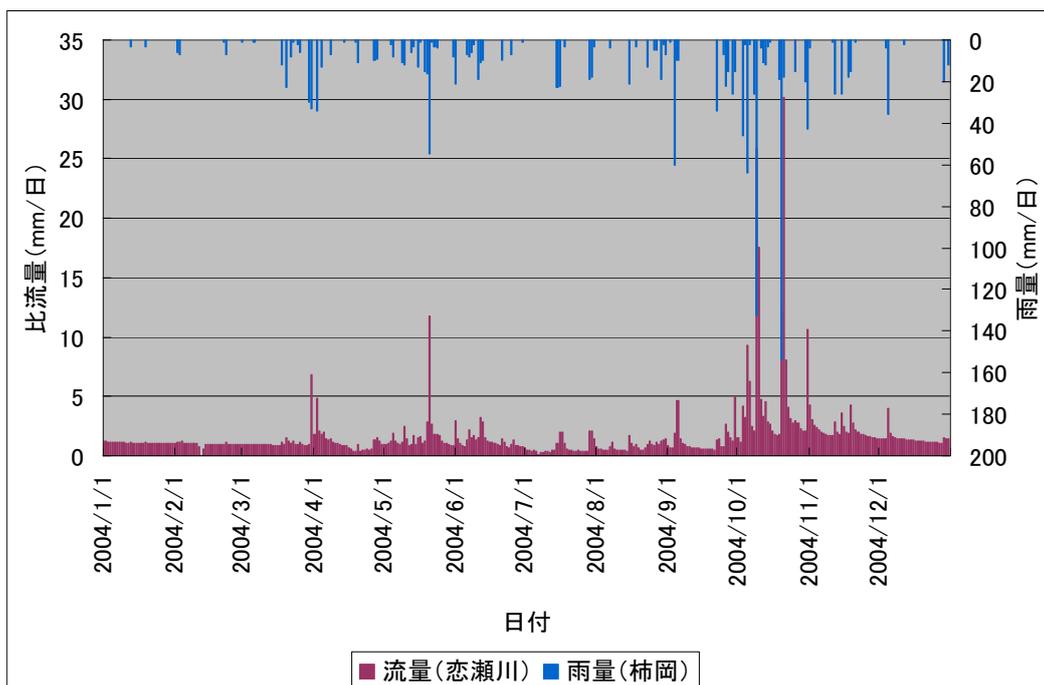
付録図44 巴川流域の雨量と流量の関係(2004)



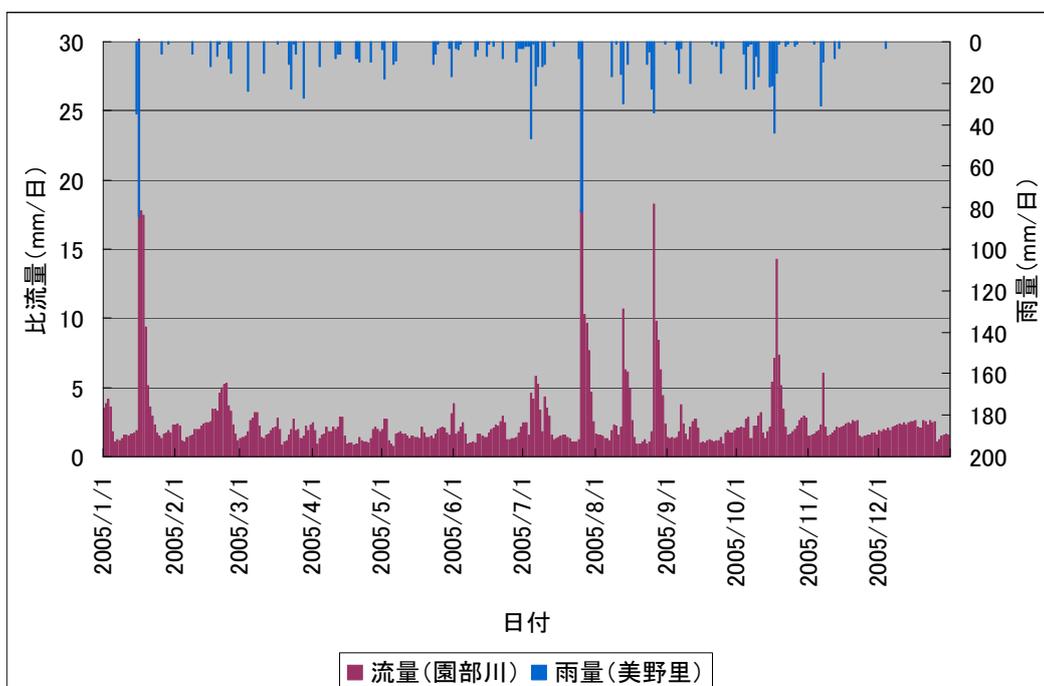
付録図45 清明川流域の雨量と流量の関係(2004)



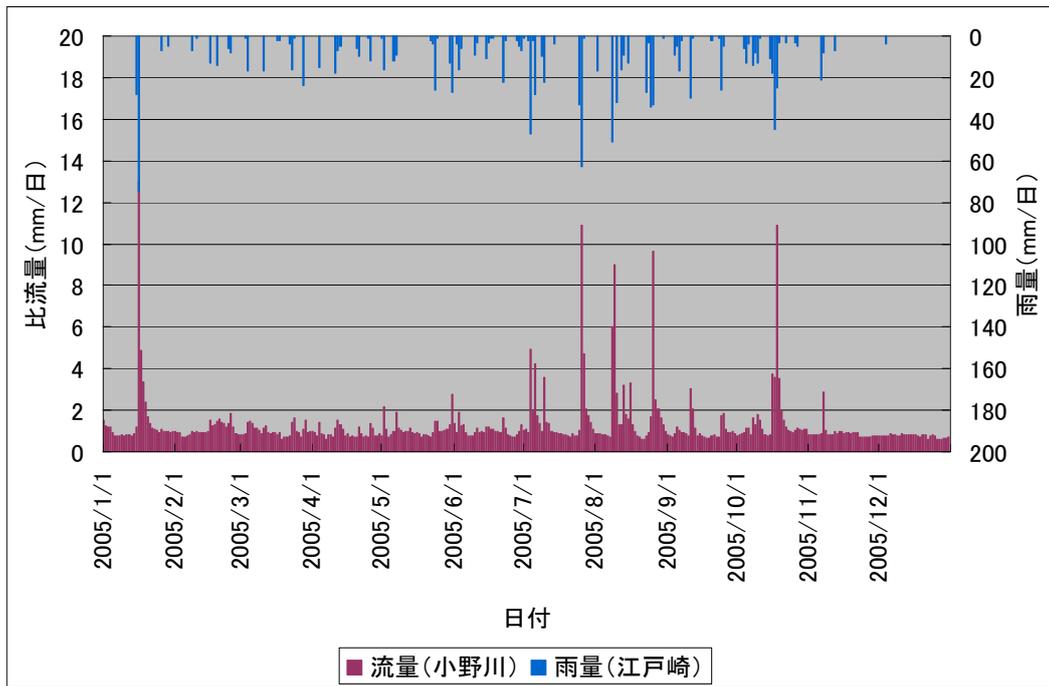
付録図46 鉾田川流域の雨量と流量の関係(2004)



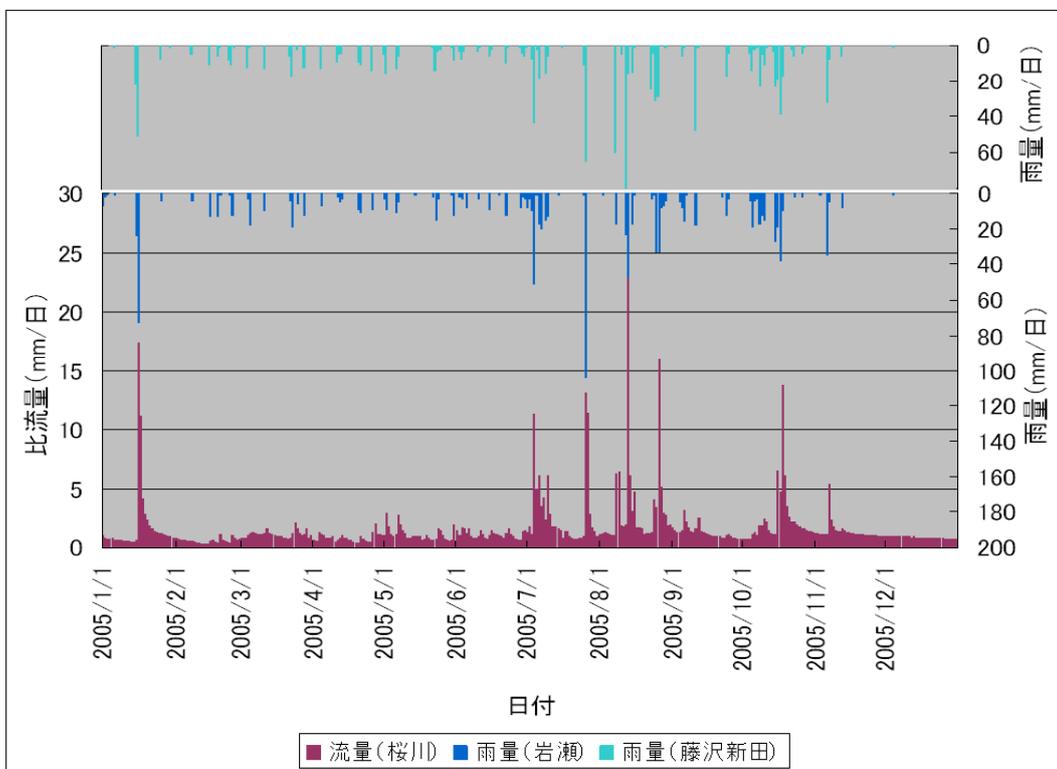
付録図47 恋瀬川流域の雨量と流量の関係(2004)



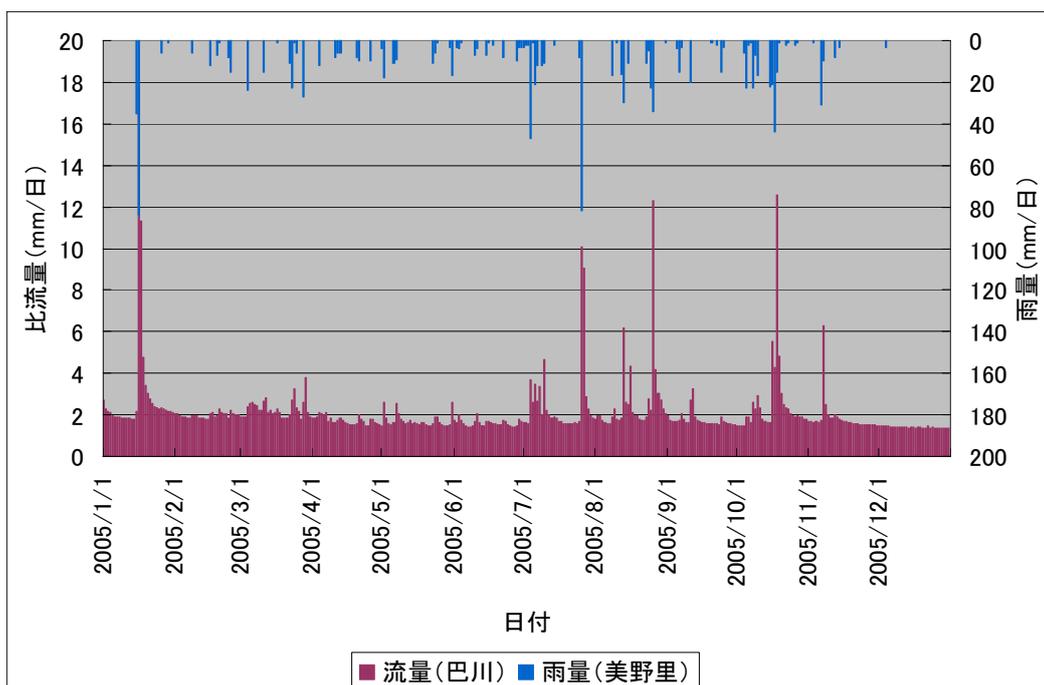
付録図48 園部川流域の雨量と流量の関係(2005)



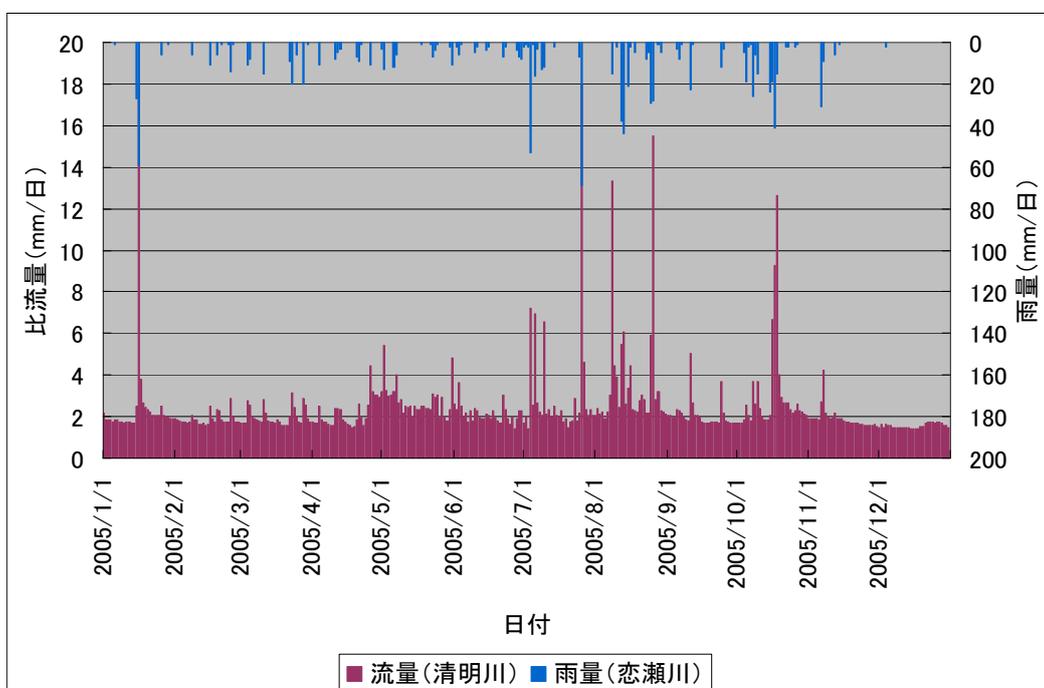
付録図49 小野川流域の雨量と流量の関係(2005)



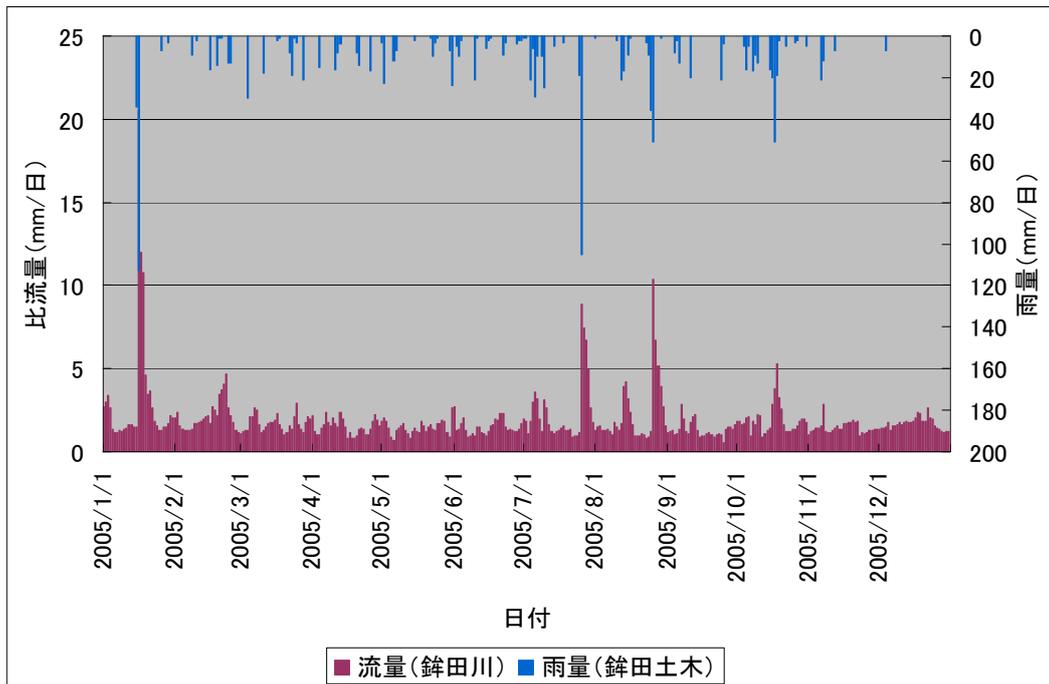
付録図50 桜川流域の雨量と流量の関係(2005)



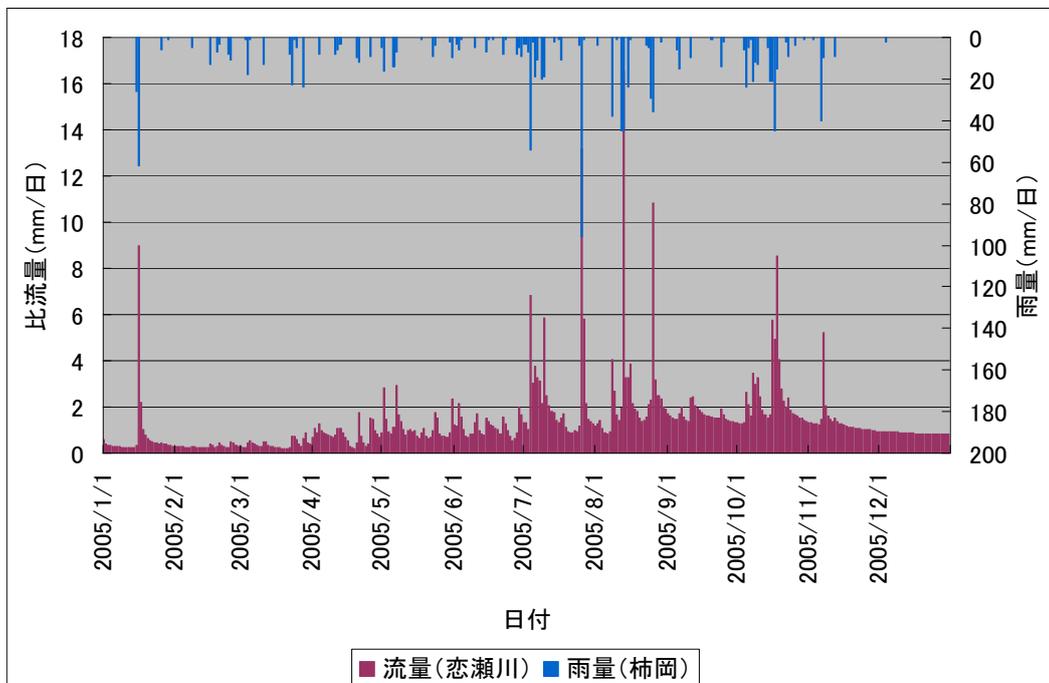
付録図51 巴川流域の雨量と流量の関係(2005)



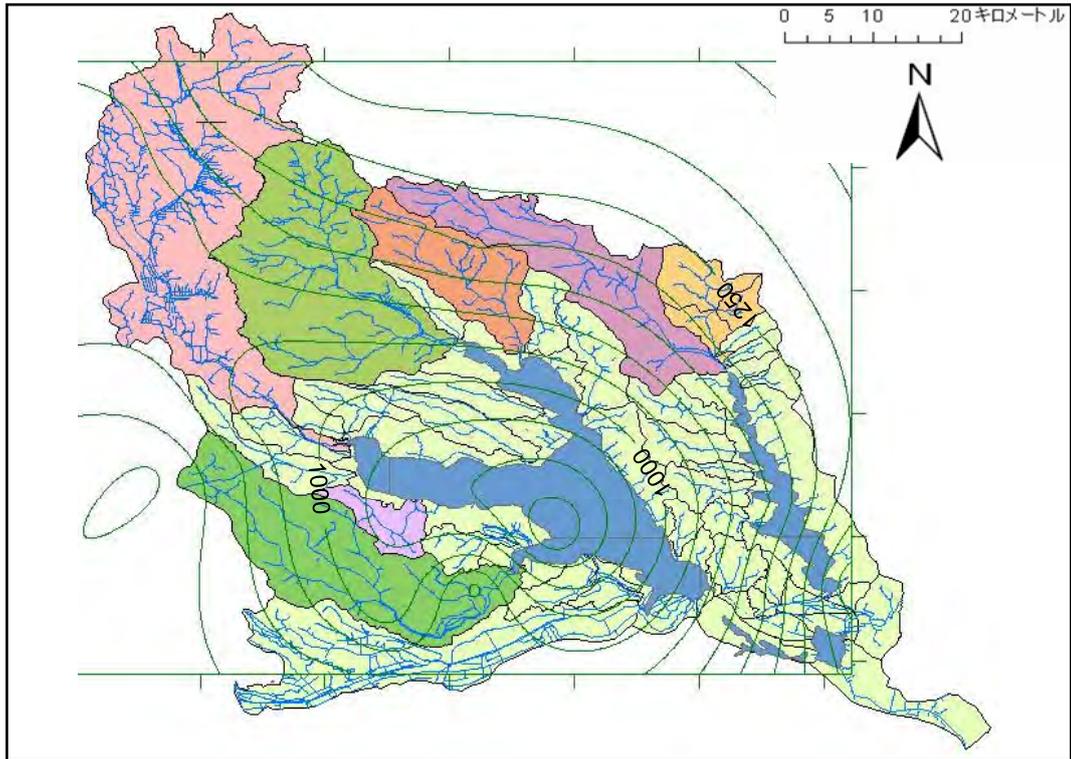
付録図52 清明川流域の雨量と流量の関係(2005)



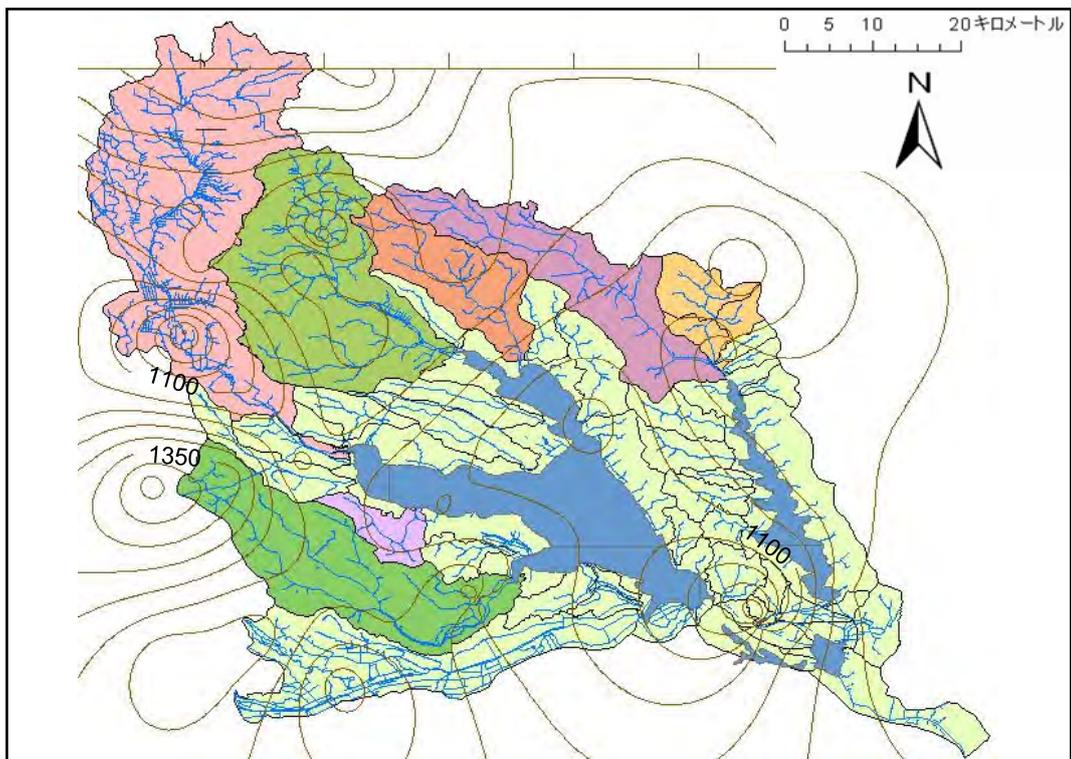
付録図53 鉾田川流域の雨量と流量の関係(2005)



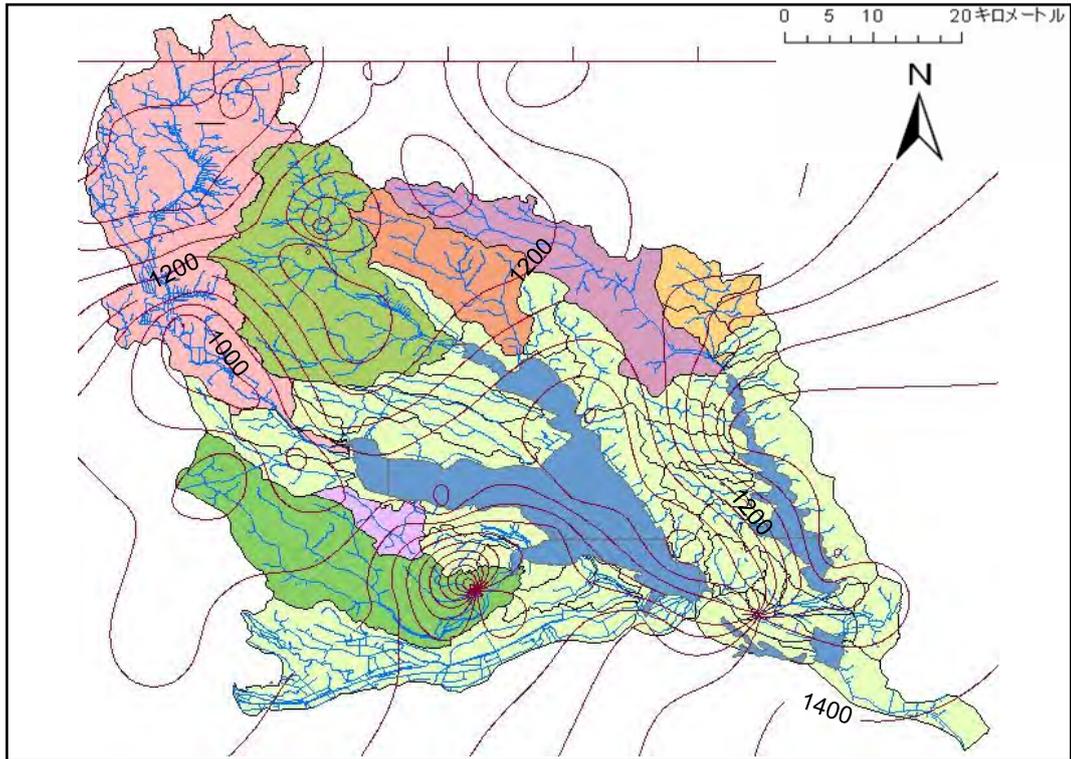
付録図54 恋瀬川流域の雨量と流量の関係(2005)



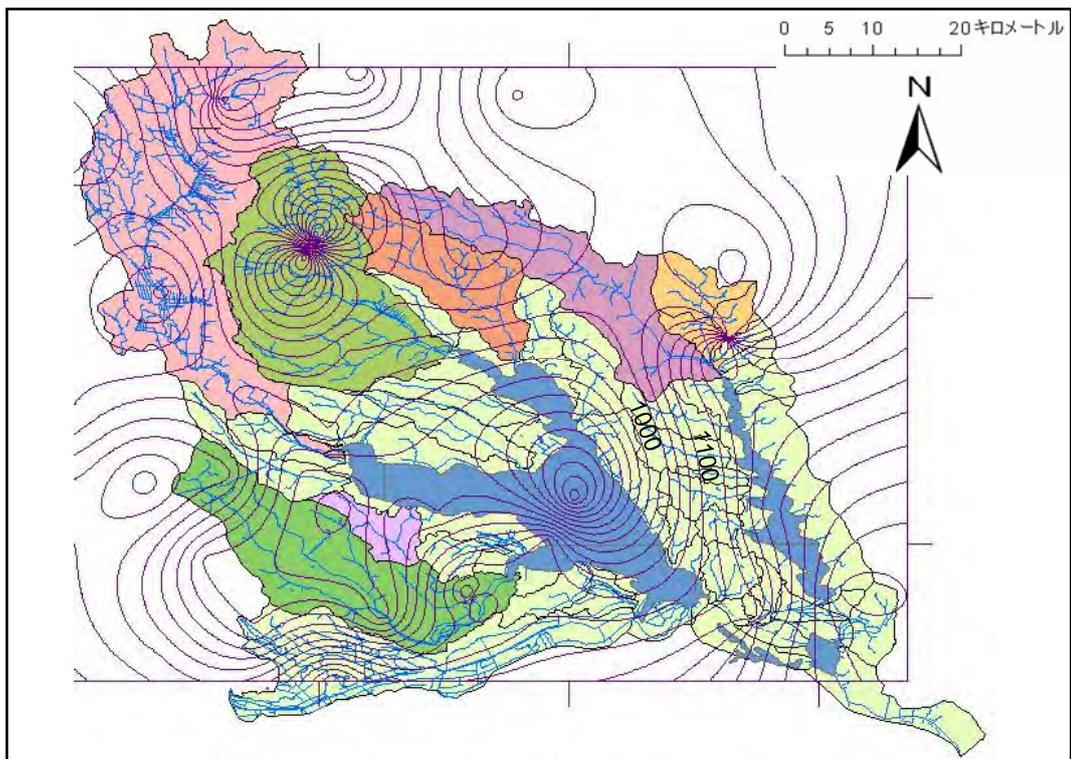
付録図55 霞ヶ浦流域の1999年年積算雨量分布



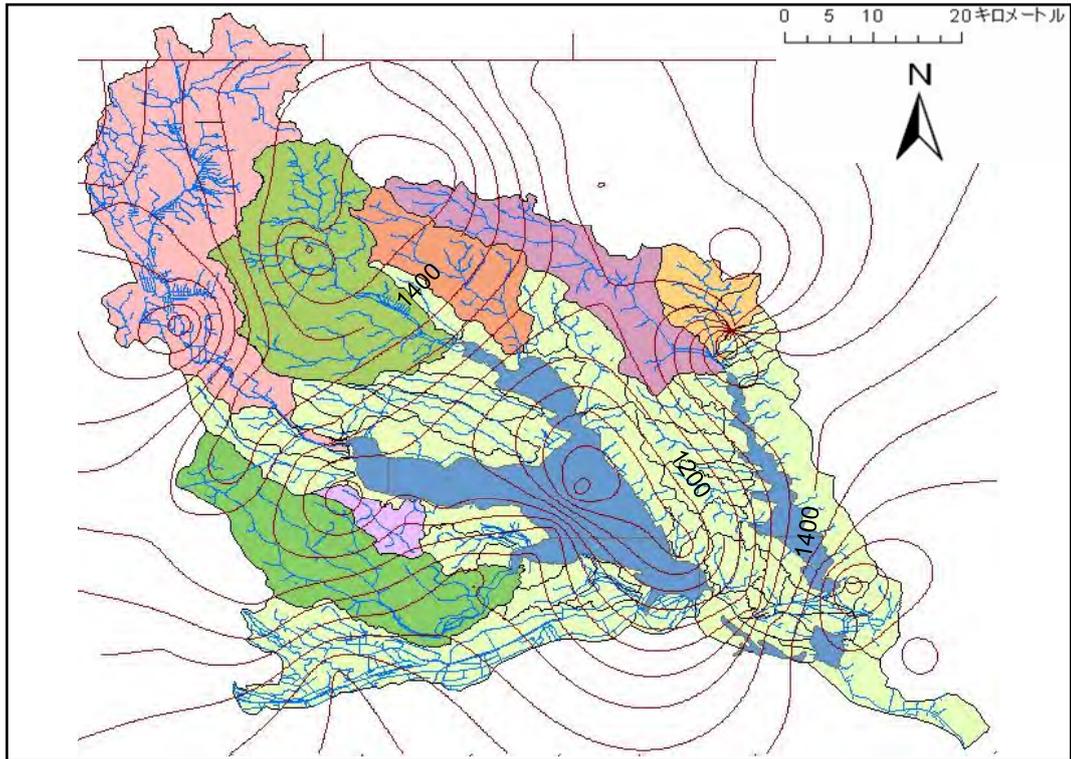
付録図56 霞ヶ浦流域の2000年年積算雨量分布



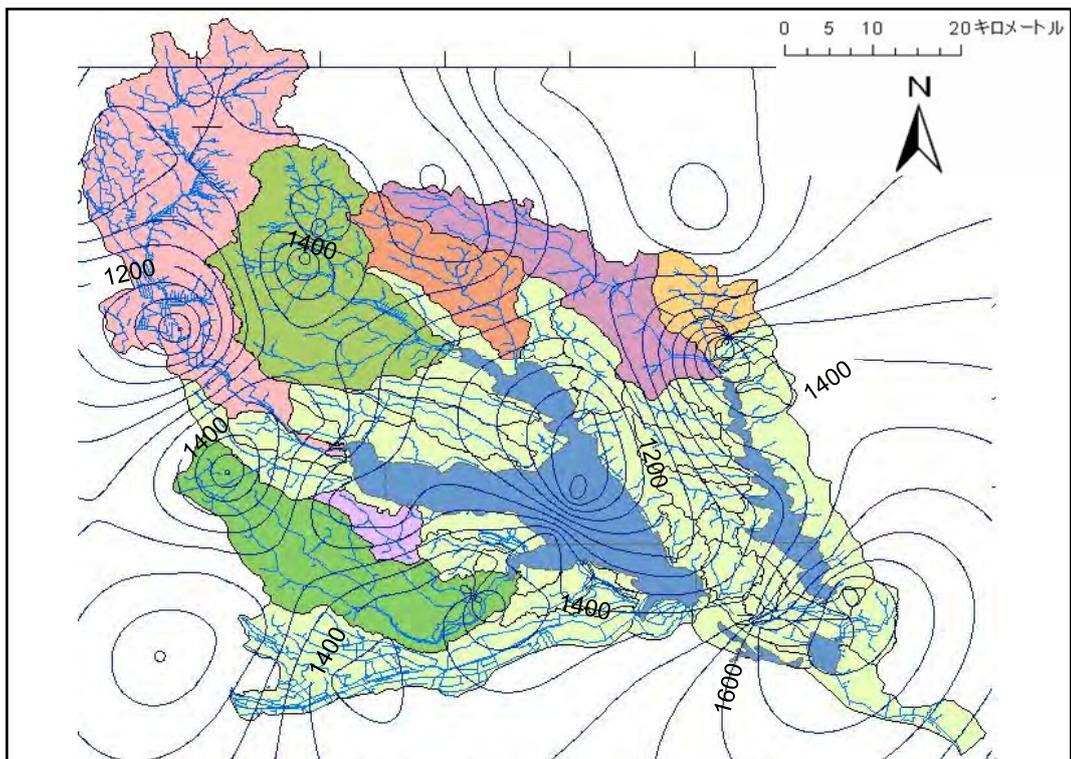
付録図57 霞ヶ浦流域の2001年年積算雨量分布



付録図58 霞ヶ浦流域の2002年年積算雨量分布

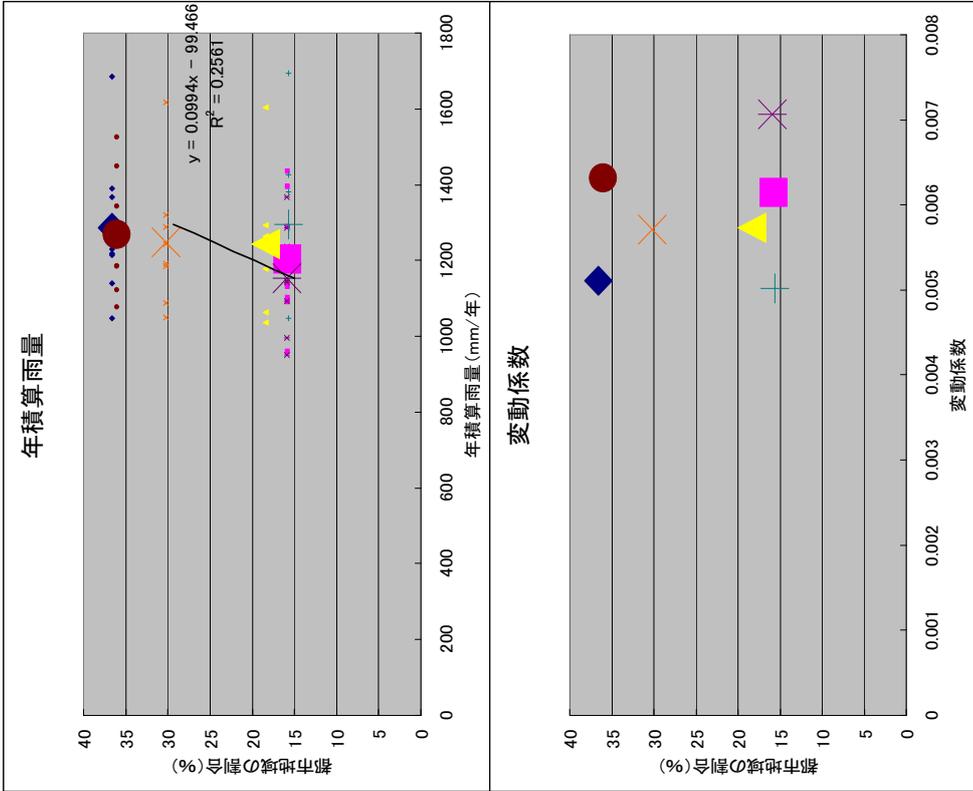


付録図59 霞ヶ浦流域の2003年年積算雨量分布

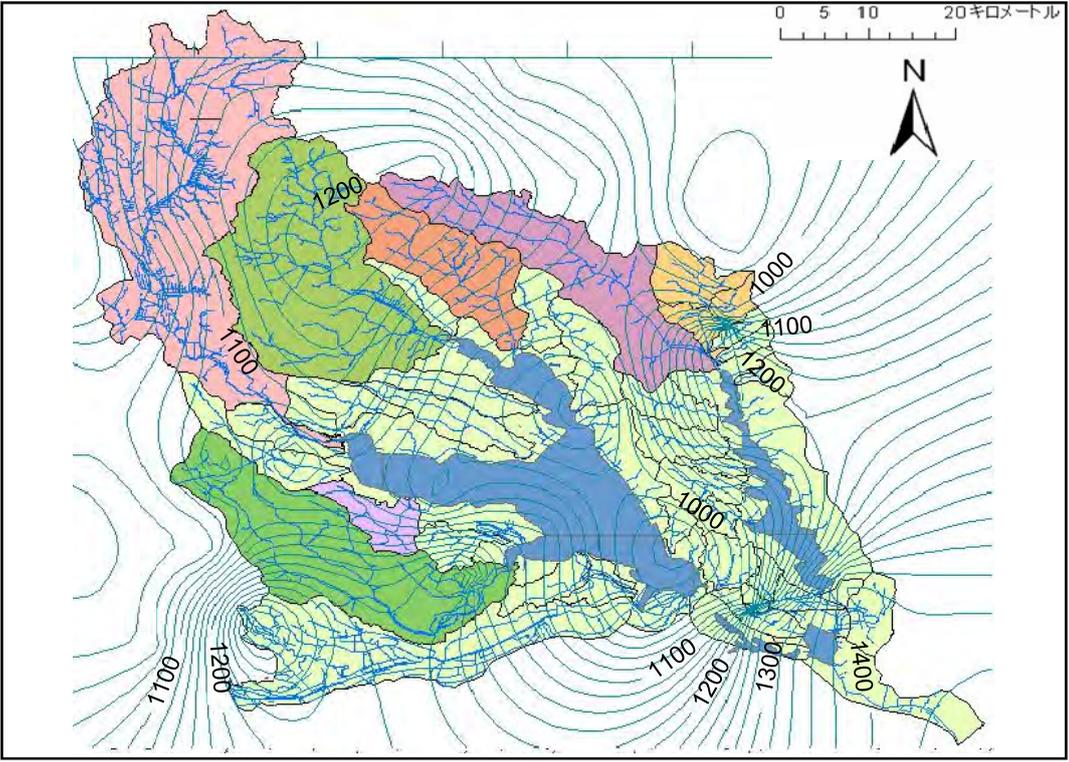


付録図60 霞ヶ浦流域の2004年年積算雨量分布

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値
 ●園部川流域 ●小野川流域 ●桜川流域 ●巴川流域 ●清明川流域 ●袴田川流域 ●恋瀬川流域



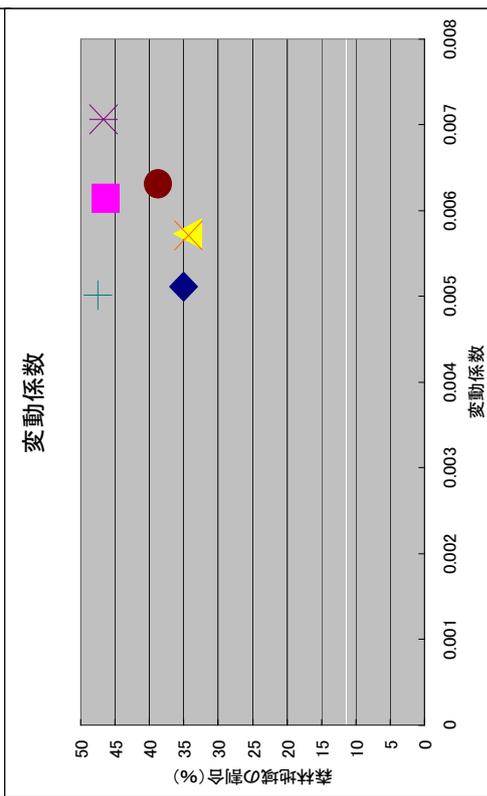
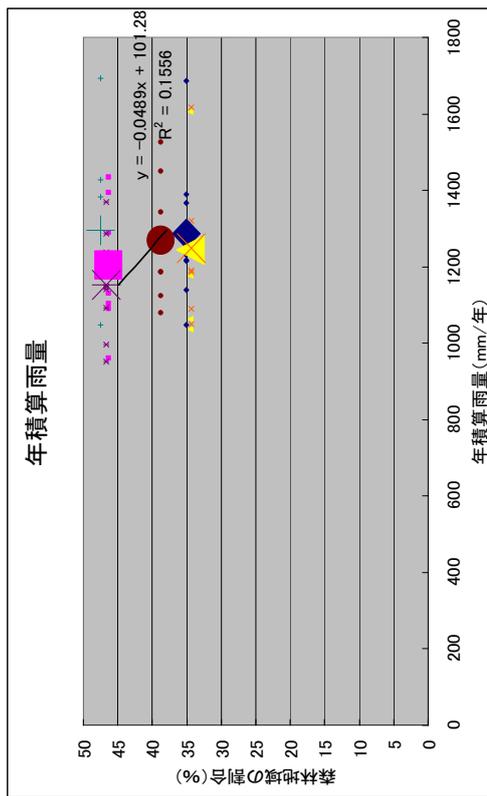
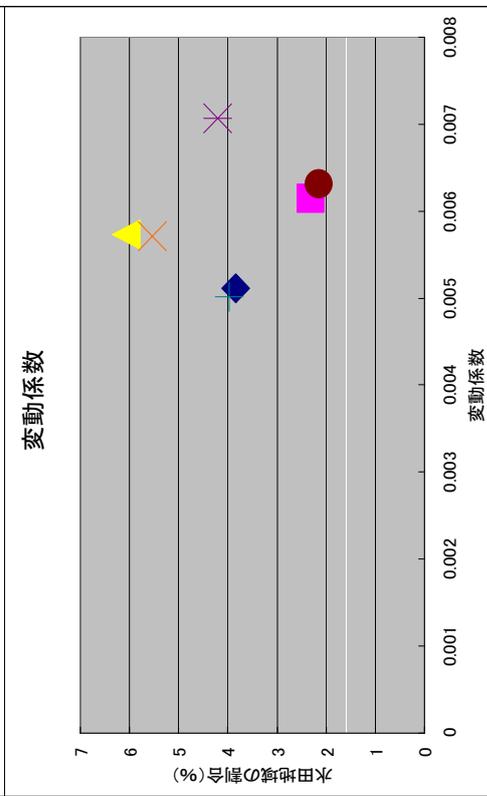
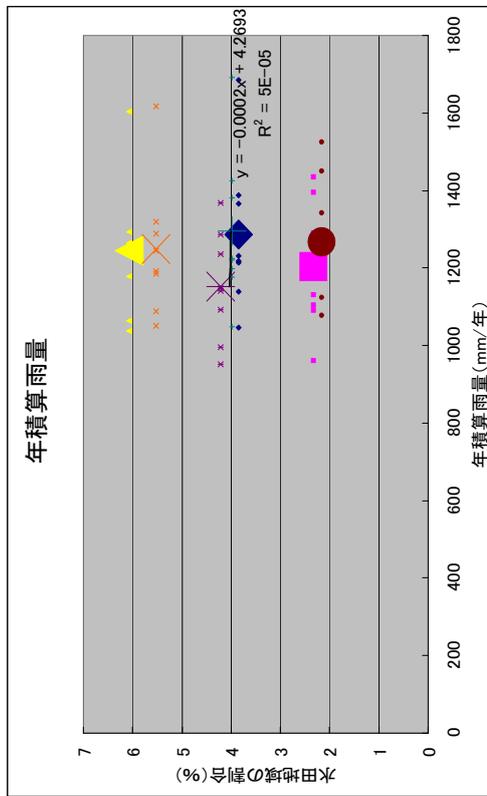
付録図62 霞ヶ浦支流域の市街地地域の割合と年積算雨量の関係



付録図61 霞ヶ浦流域の2005年年積算雨量分布

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 恋瀬川流域

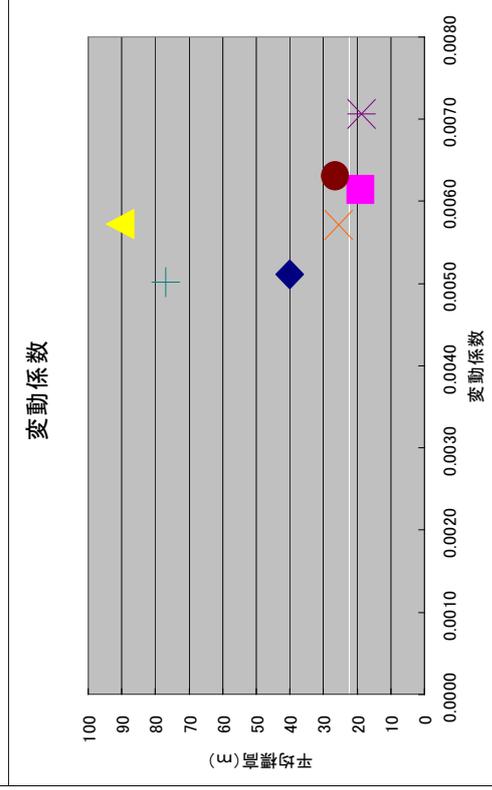
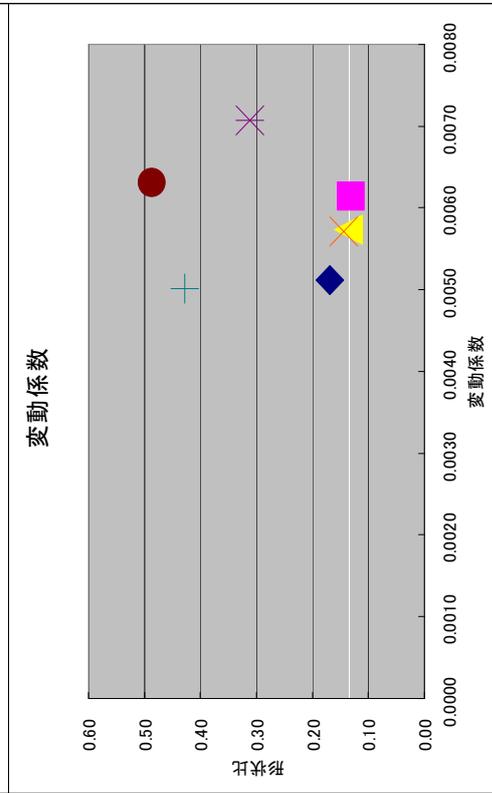
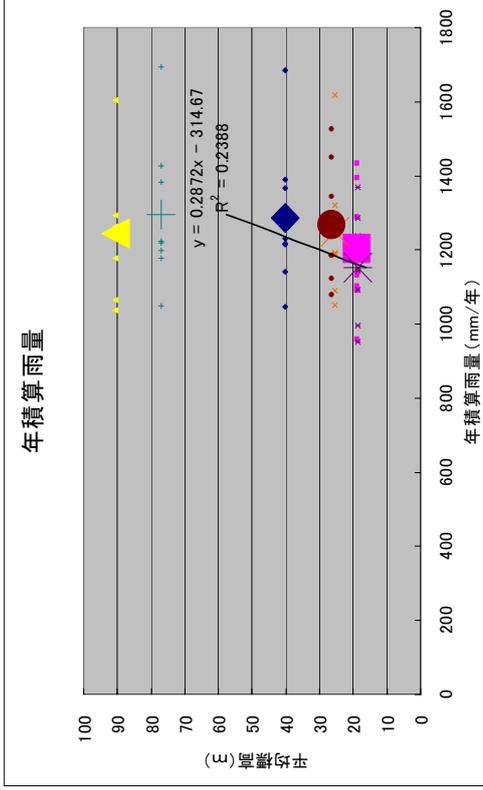
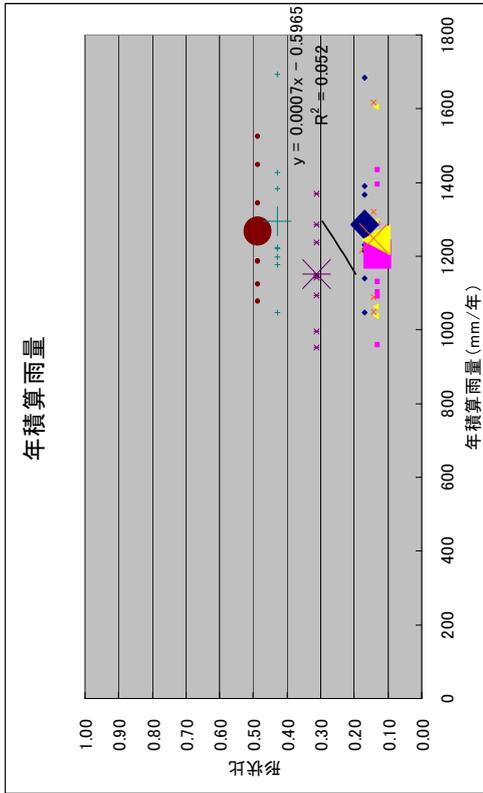


付録図64 霞ヶ浦支流流域の水田地域の割合と年積算雨量の関係

付録図63 霞ヶ浦支流流域の森林地域の割合と年積算雨量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

●園部川流域 ●小野川流域 ●椋川流域 ●清明川流域 ●狩田川流域 ●恋瀬川流域
 ○巴川流域 ●小野川流域 ●椋川流域 ●清明川流域 ●狩田川流域 ●恋瀬川流域

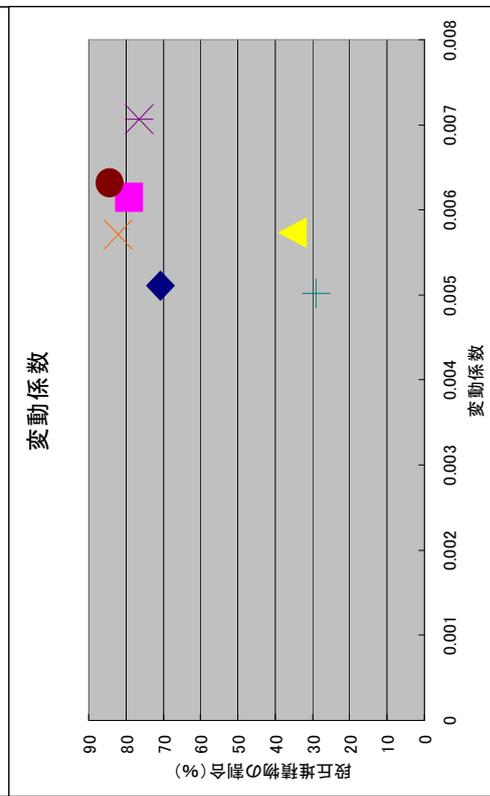
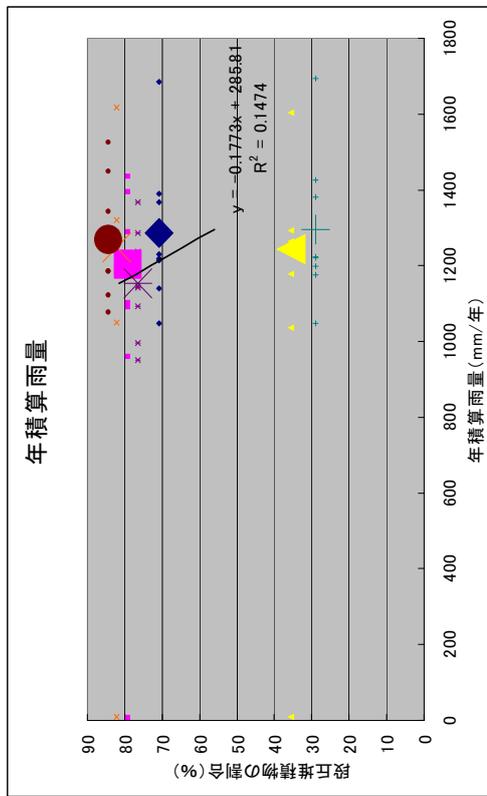


付録図66 霞ヶ浦支流域の形状比と年積算雨量の関係

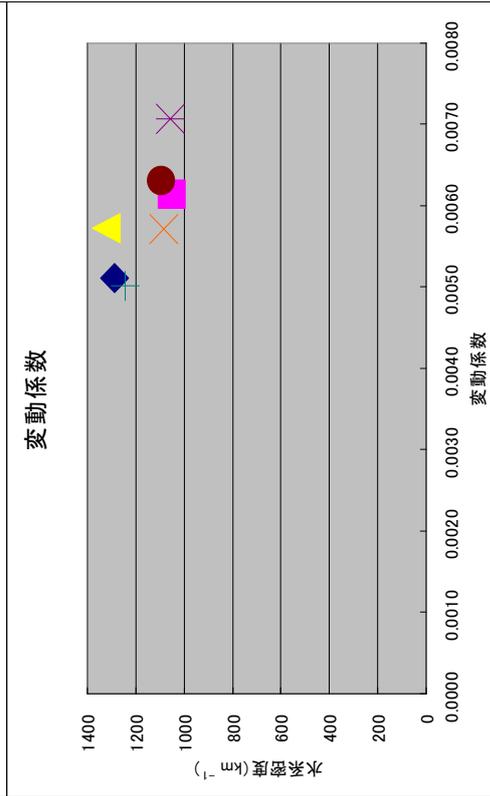
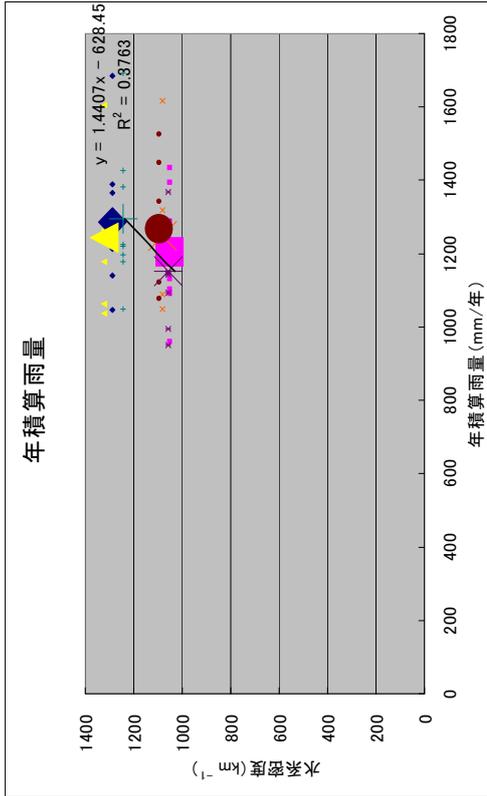
付録図65 霞ヶ浦支流域の平均標高と年積算雨量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 小野川流域 × 椋川流域 × 清明川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域



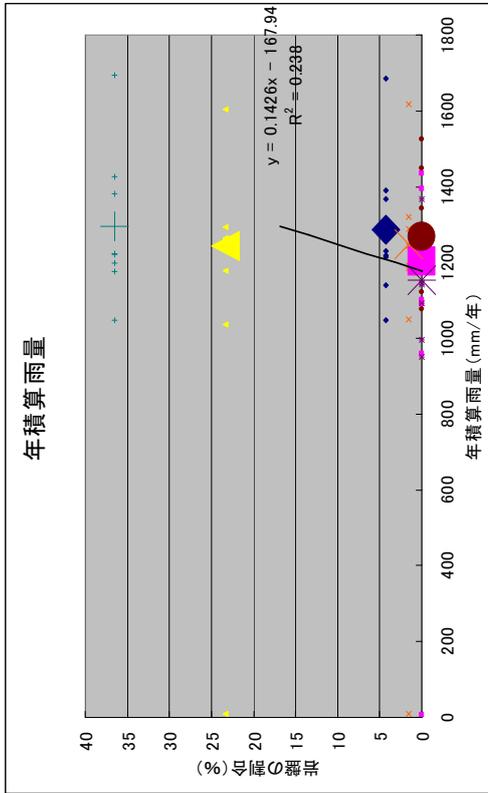
付録図68 霞ヶ浦支流域の段丘堆積物の割合と年積算雨量の関係



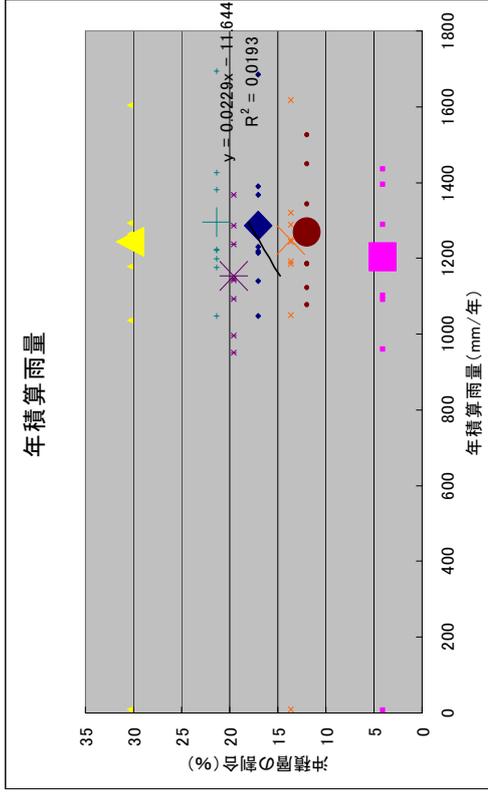
付録図67 霞ヶ浦支流域の水系密度と年積算雨量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



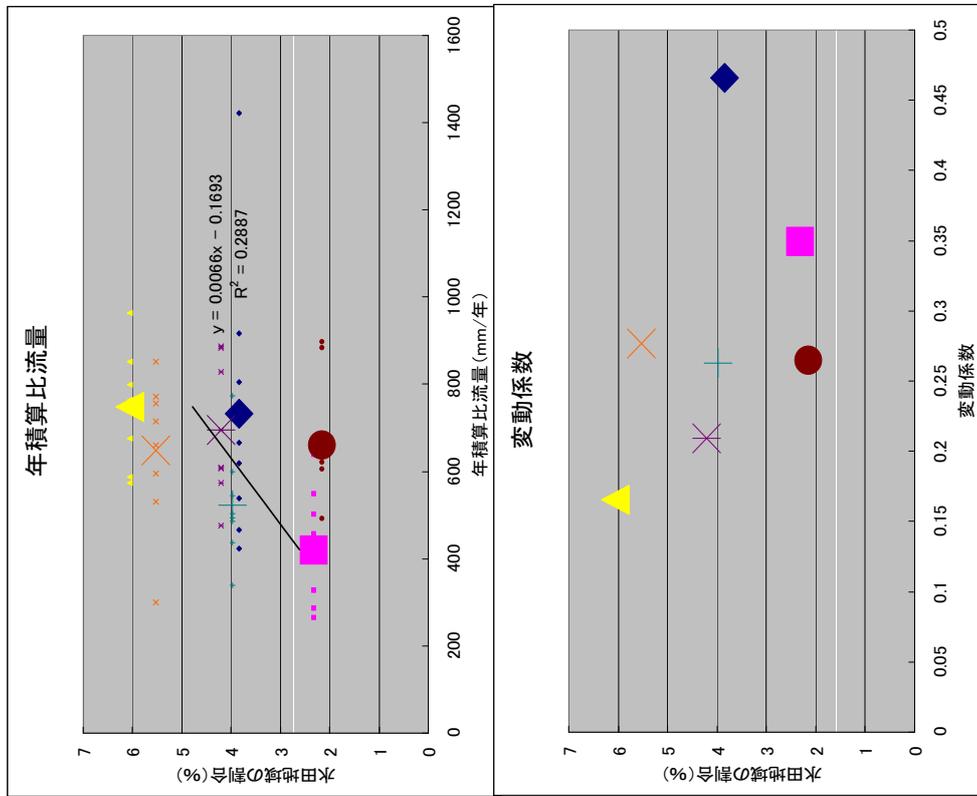
付録図70 霞ヶ浦支流流域の岩盤の割合と年積算雨量の関係



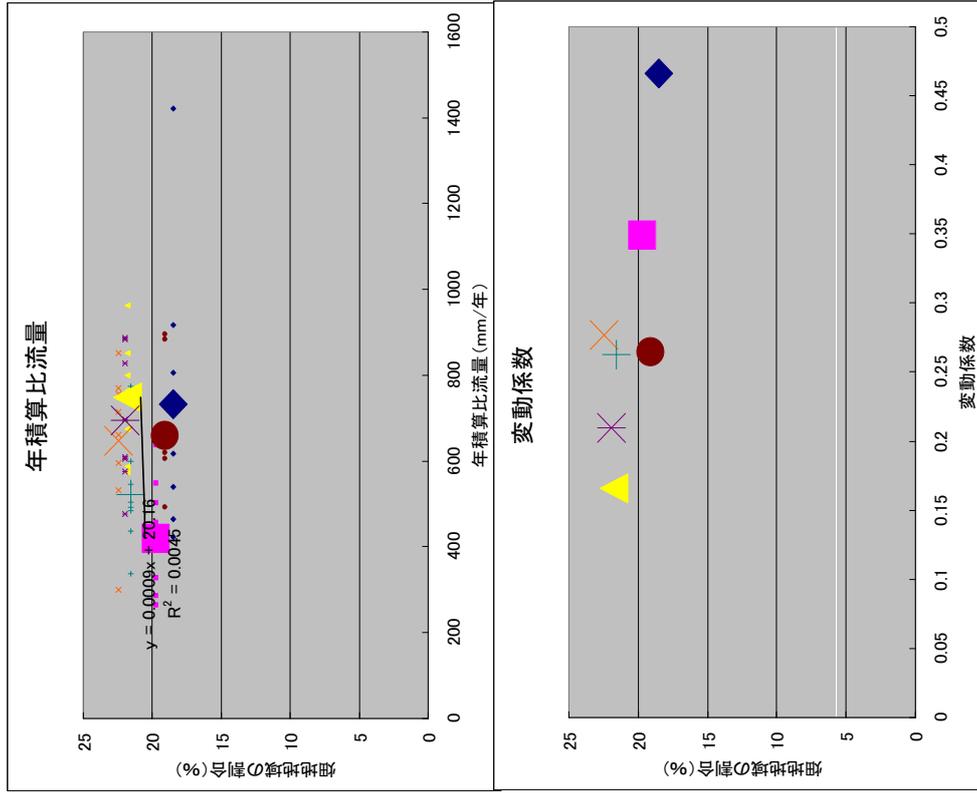
付録図69 霞ヶ浦支流流域の沖積層の割合と年積算雨量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



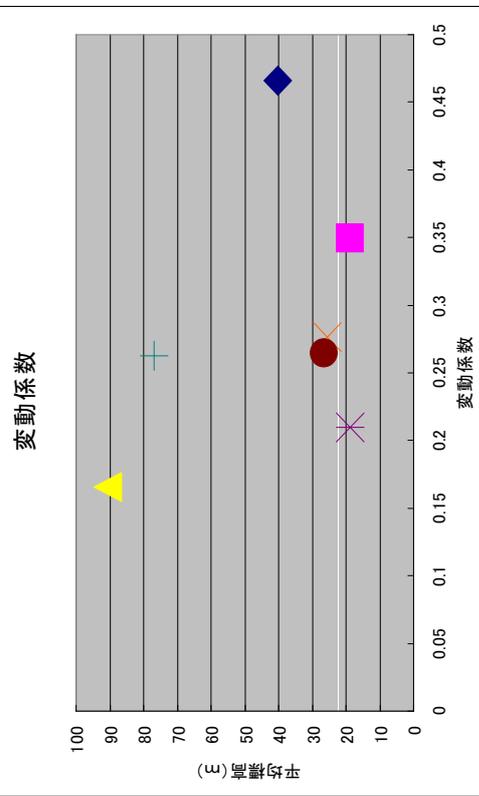
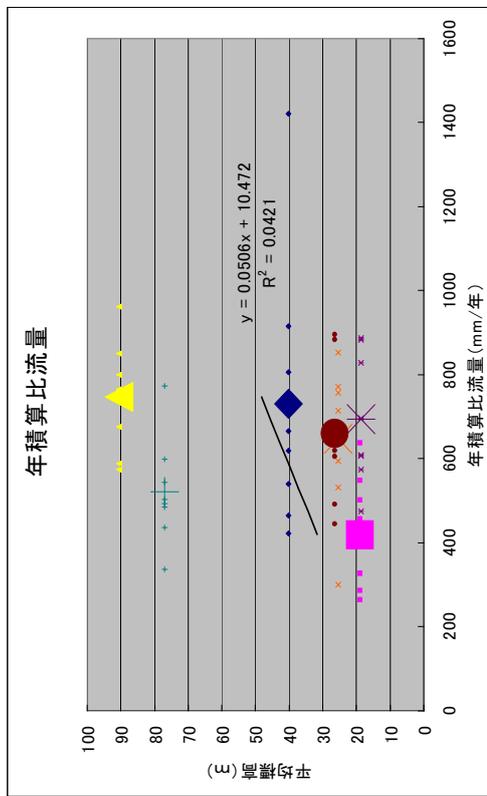
付録図72 霞ヶ浦支流域の水田地域の割合と年積算比流量の関係



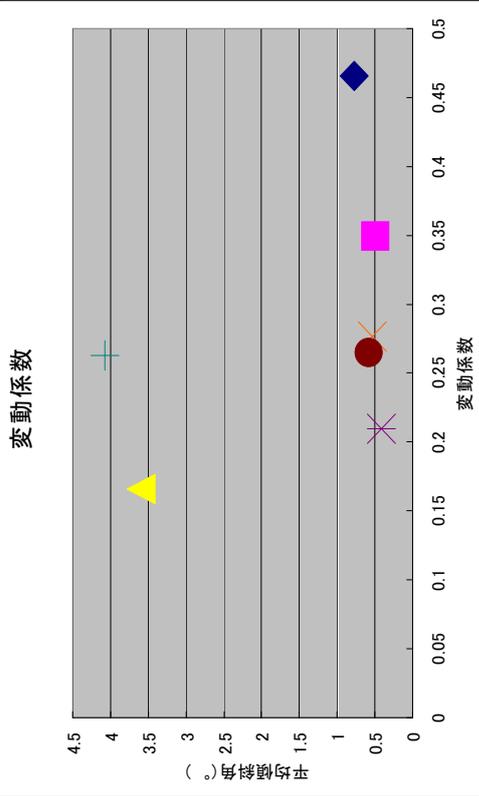
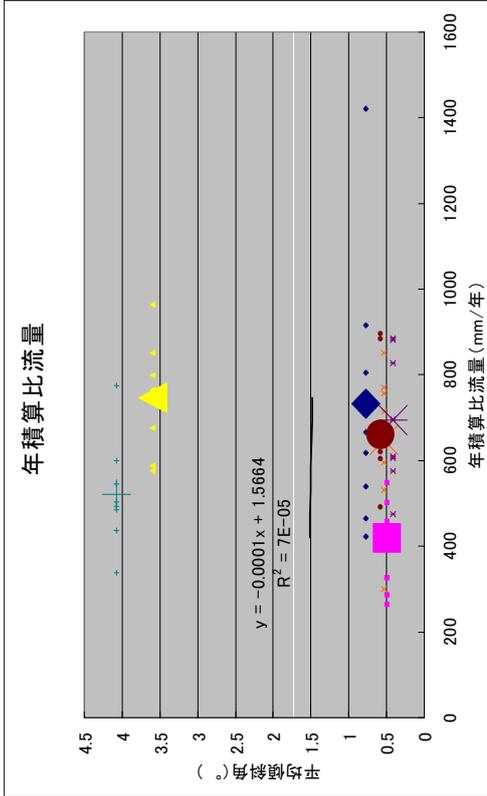
付録図71 霞ヶ浦支流域の畑地地域の割合と年積算比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 巴川流域 ● 霞ヶ浦支流域



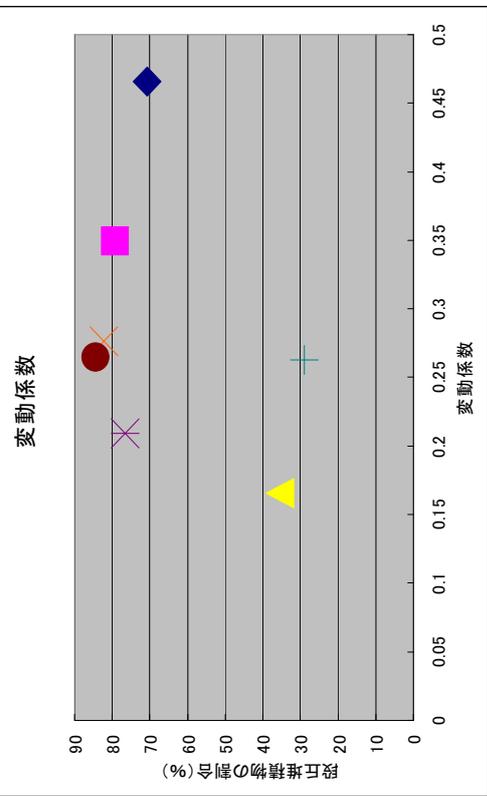
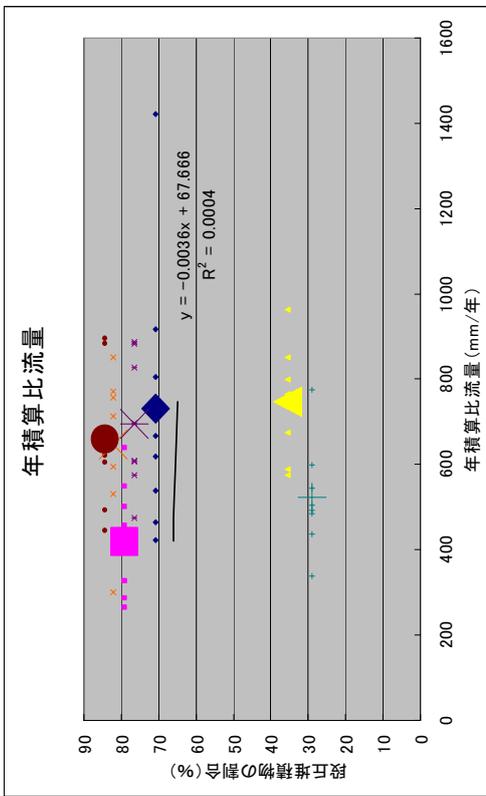
付録図74 霞ヶ浦支流域の平均標高と年積算比流量の関係



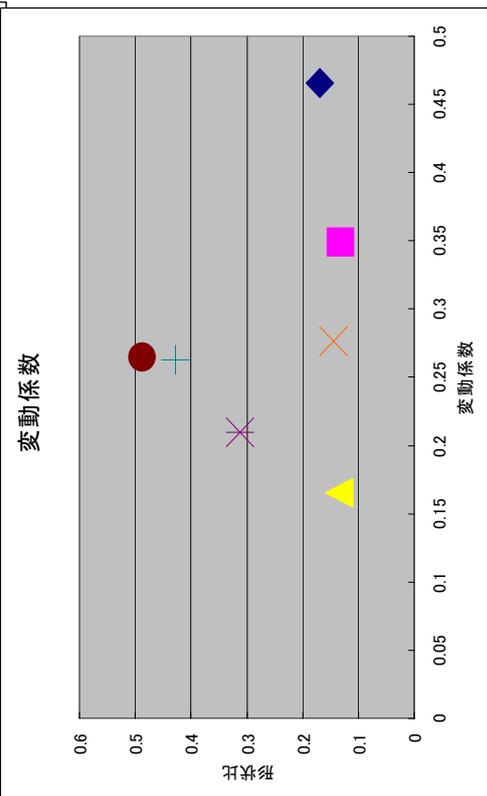
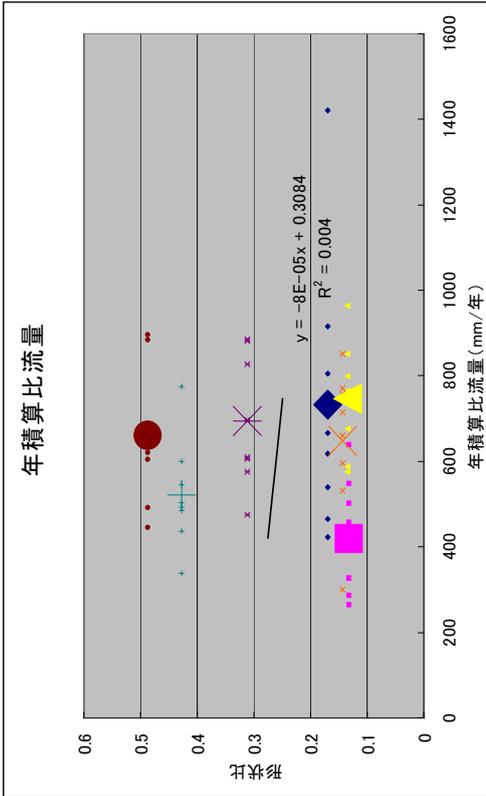
付録図73 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と年積算比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



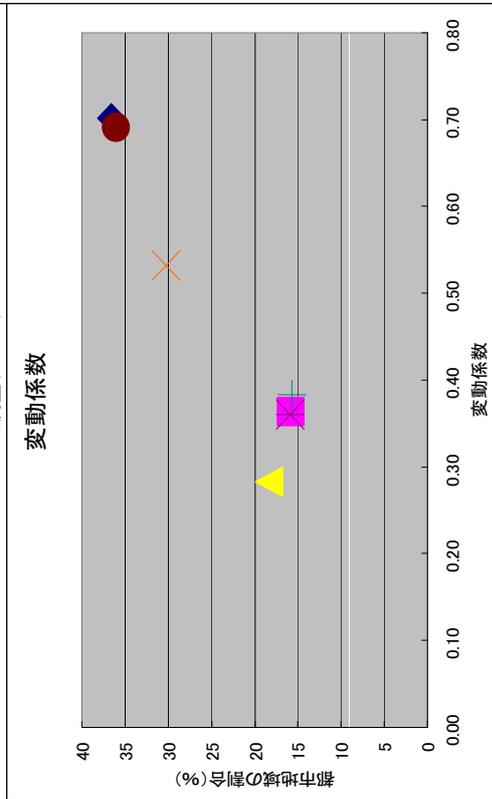
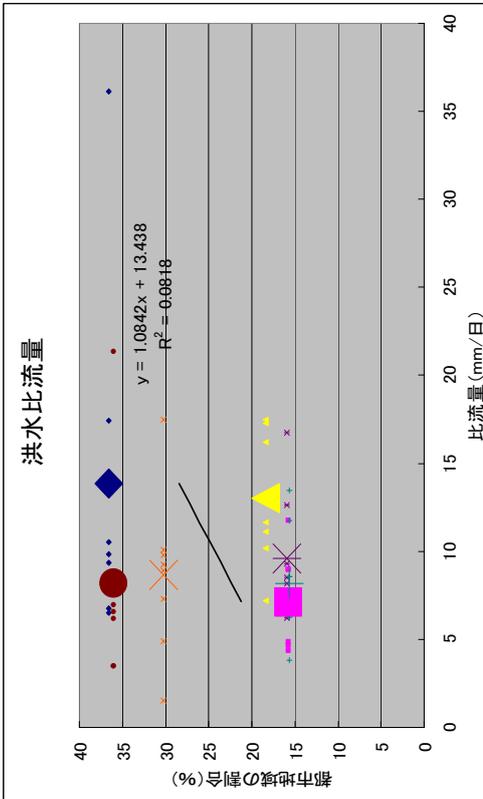
付録図76 霞ヶ浦支流域の段丘堆積物の割合と年積算比流量の関係



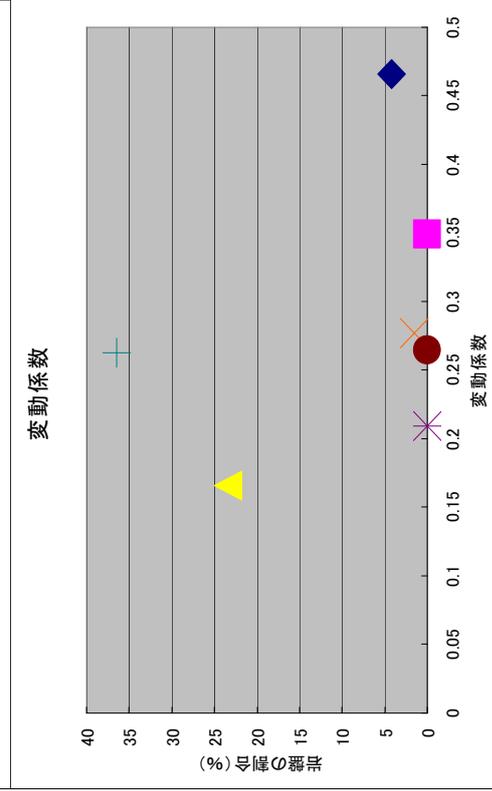
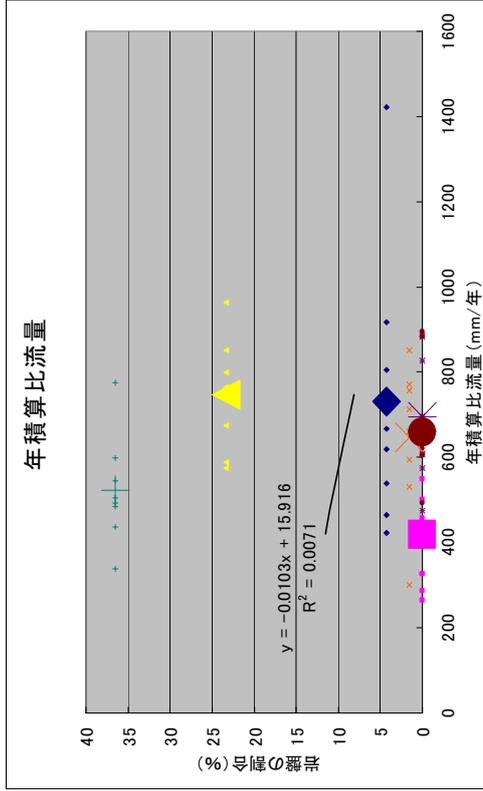
付録図75 霞ヶ浦支流域の形状比と年積算比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 袴田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 ● 袴田川流域 ● 恋瀬川流域



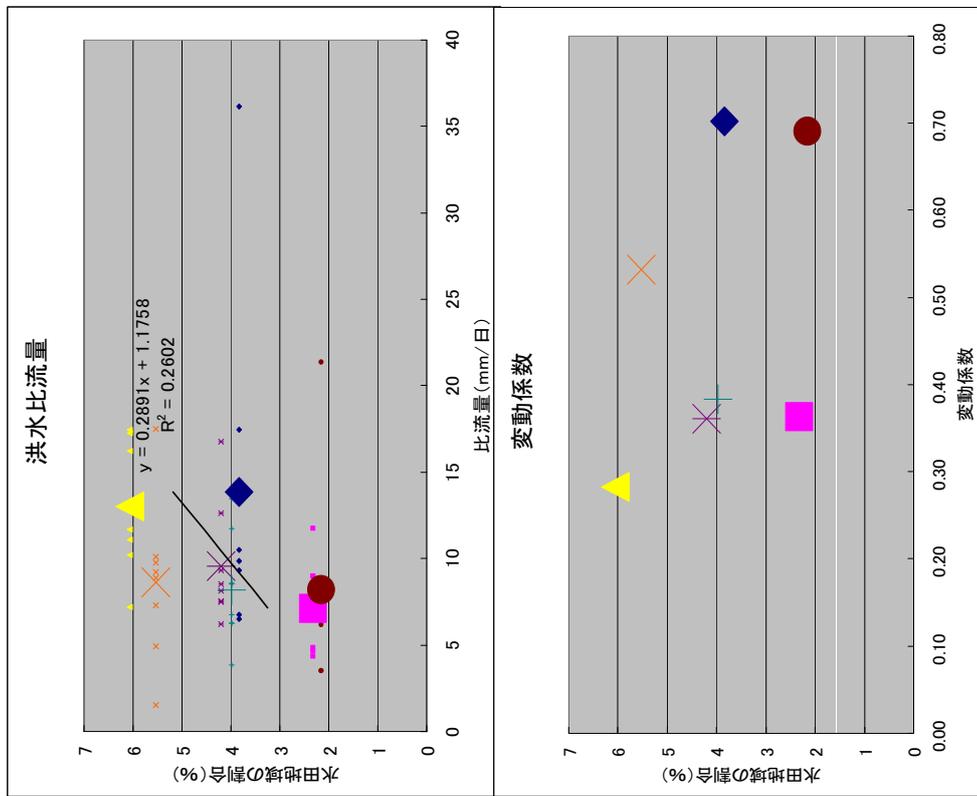
付録図78 霞ヶ浦支流地域の市街地地域の割合と洪水比流量の関係



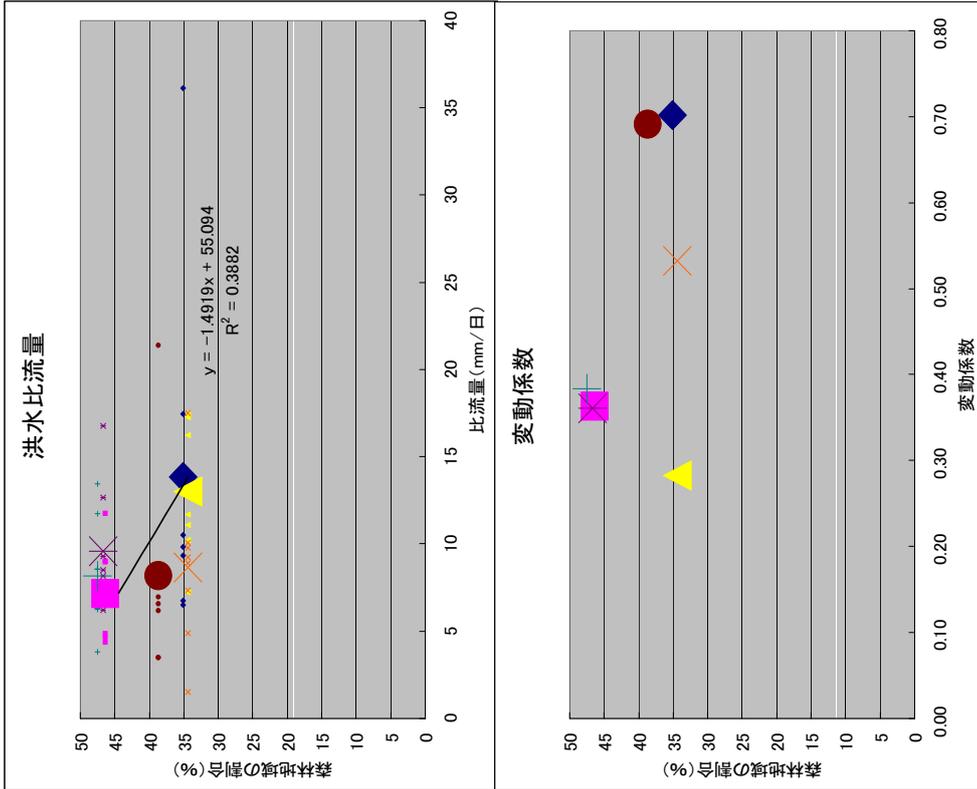
付録図77 霞ヶ浦支流流域の岩盤の割合と年積算比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 恋瀬川流域



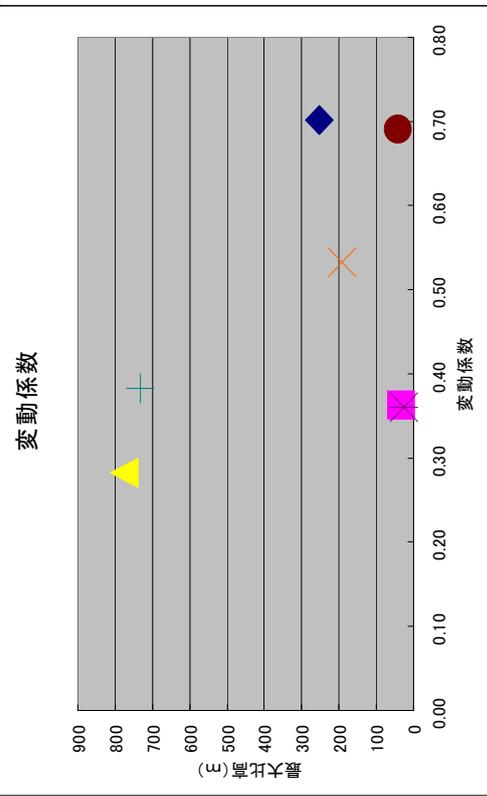
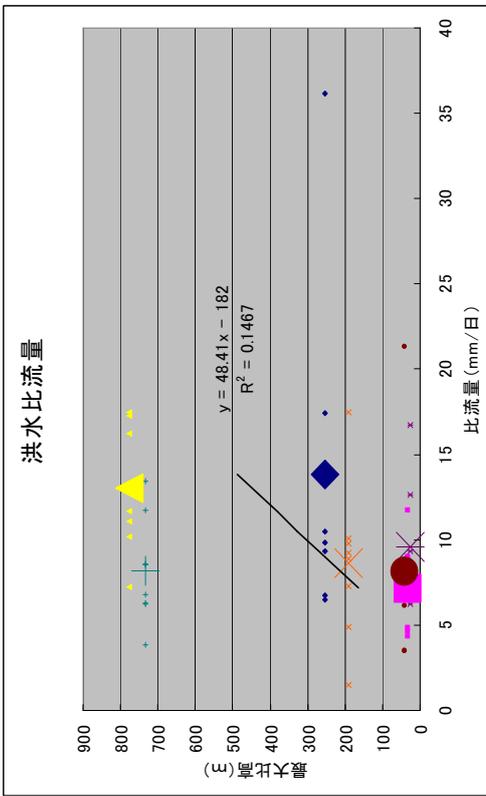
付録図80 霞ヶ浦支流流域の水田地域の割合と洪水比流量の関係



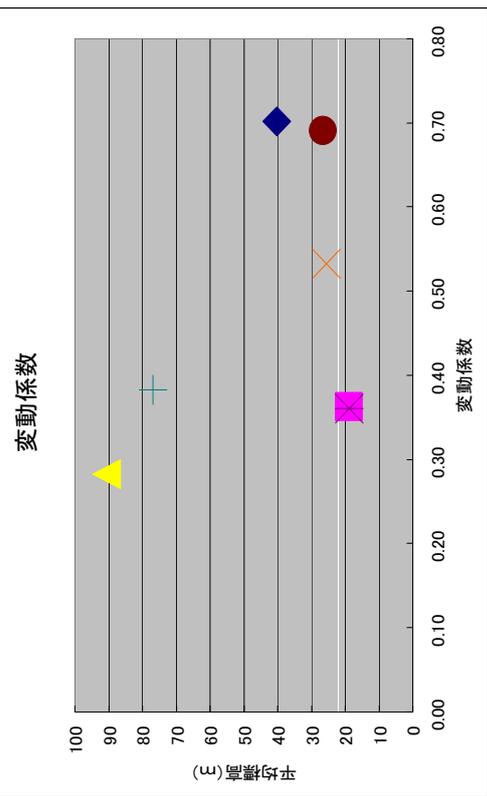
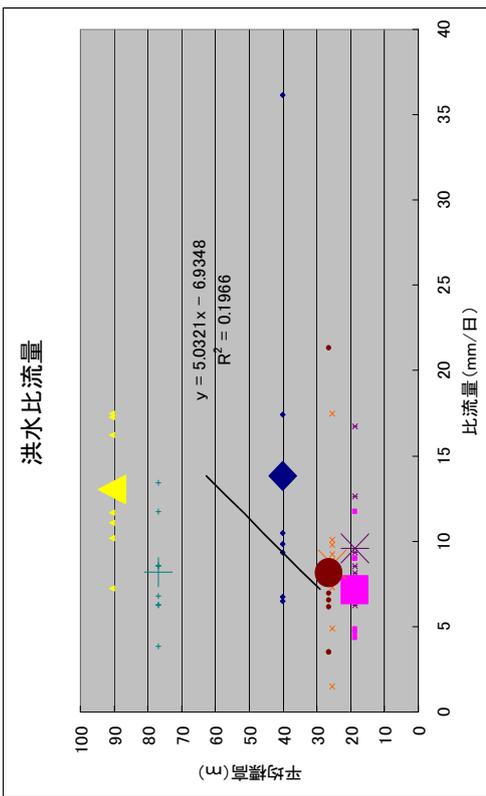
付録図79 霞ヶ浦支流流域の森林地域の割合と洪水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



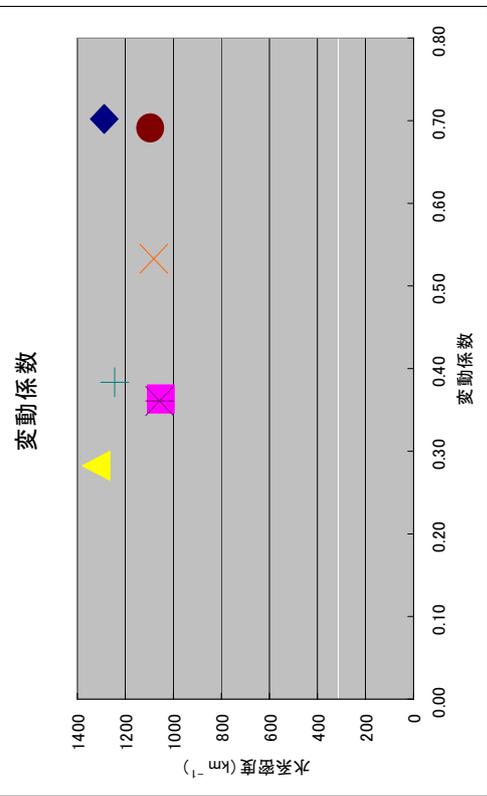
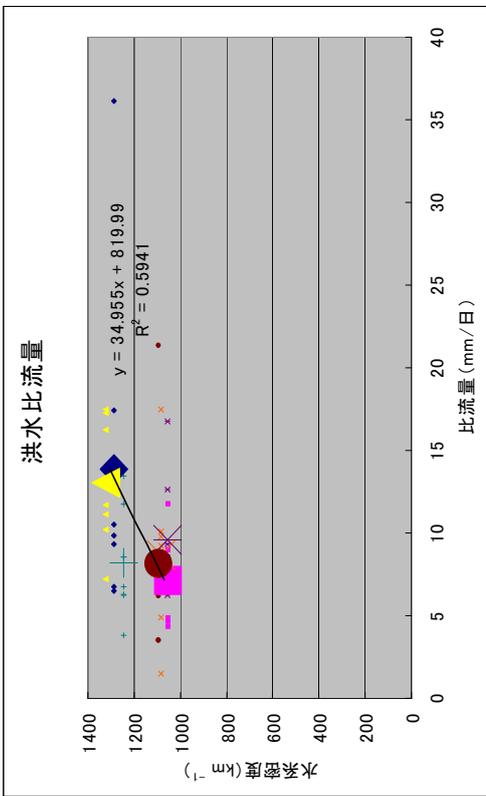
付録図82 霞ヶ浦支流域の最大比高と洪水比流量の関係



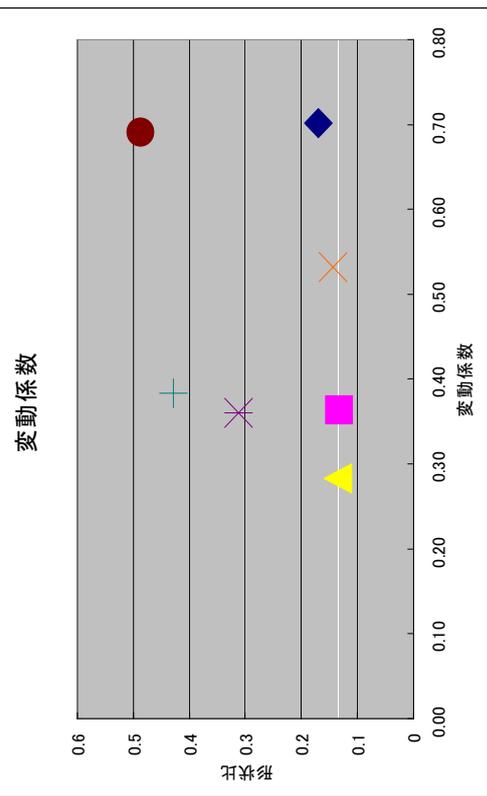
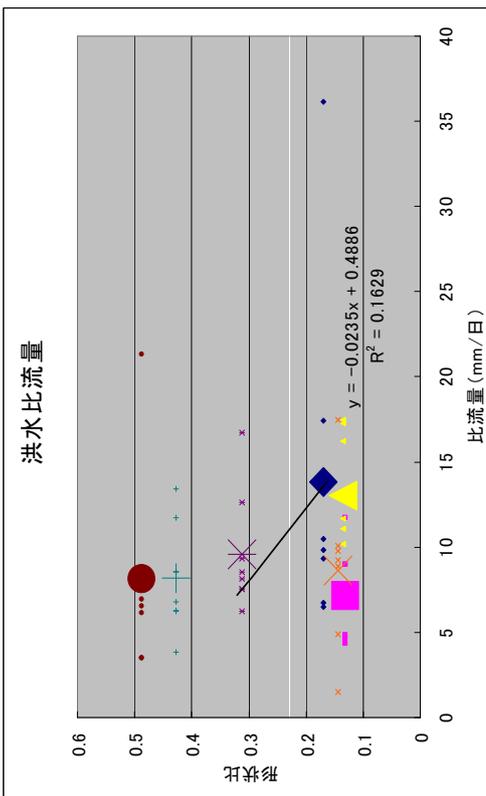
付録図81 霞ヶ浦支流域の平均標高と洪水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 明川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



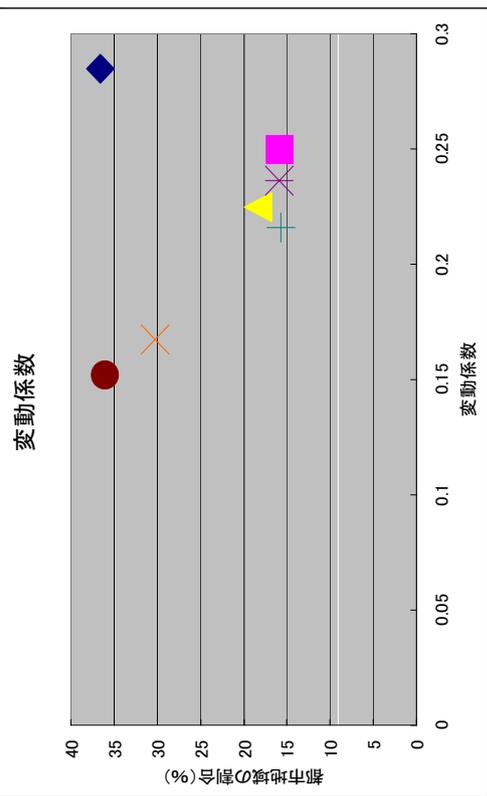
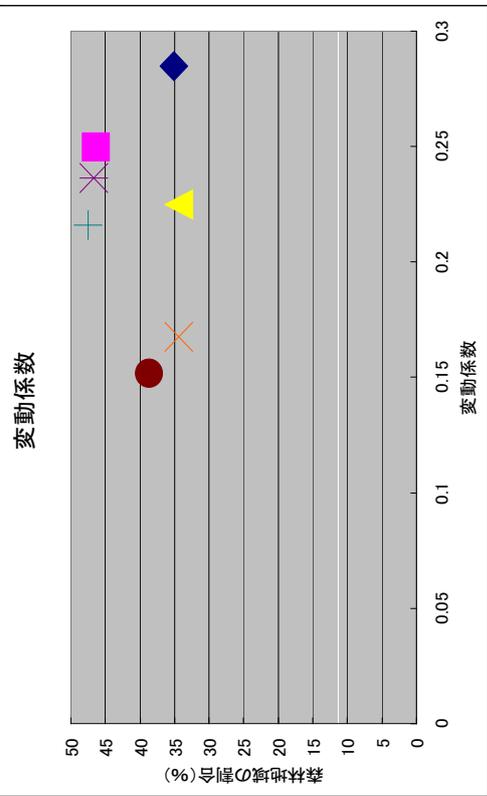
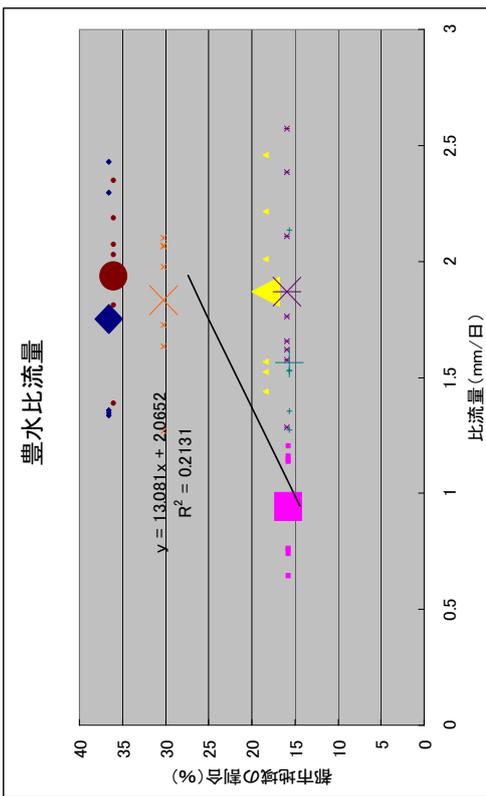
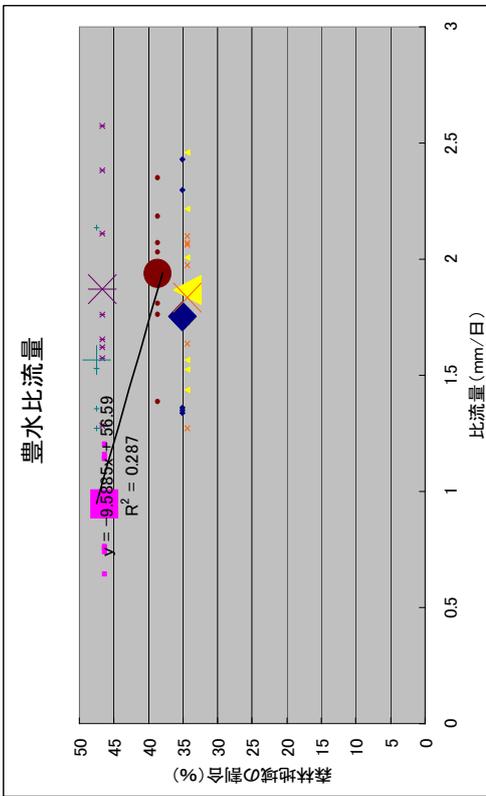
付録図84 霞ヶ浦支流域の水糸密度と洪水比流量の関係



付録図83 霞ヶ浦支流域の形状比と洪水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

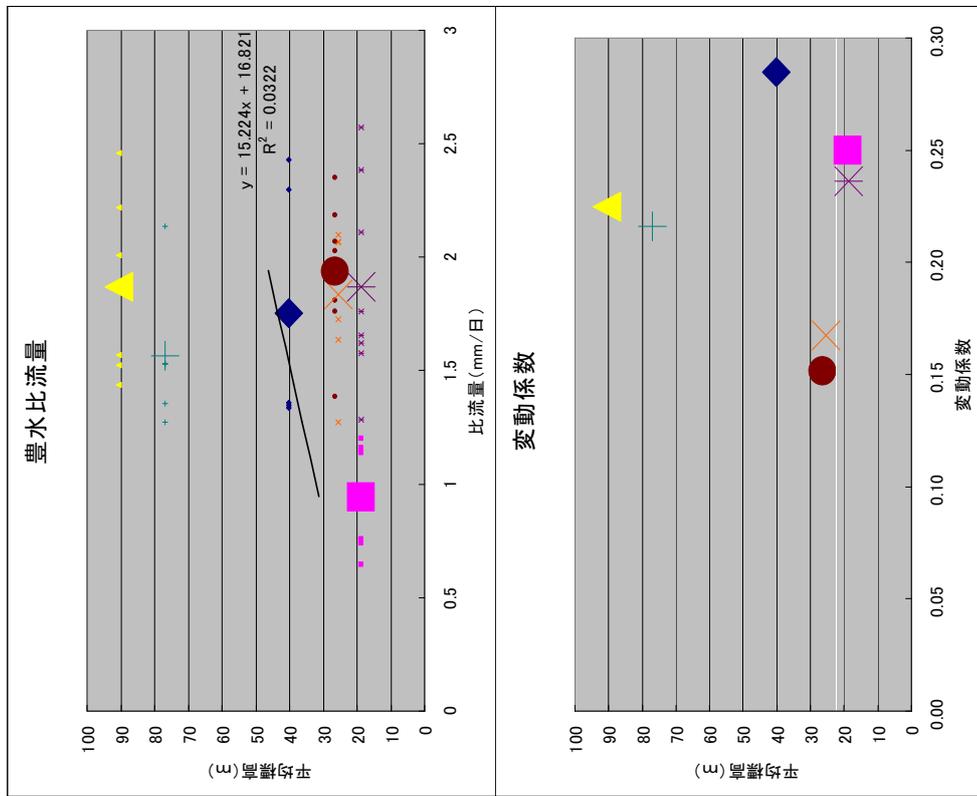
● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 巴川流域 × 藤田川流域



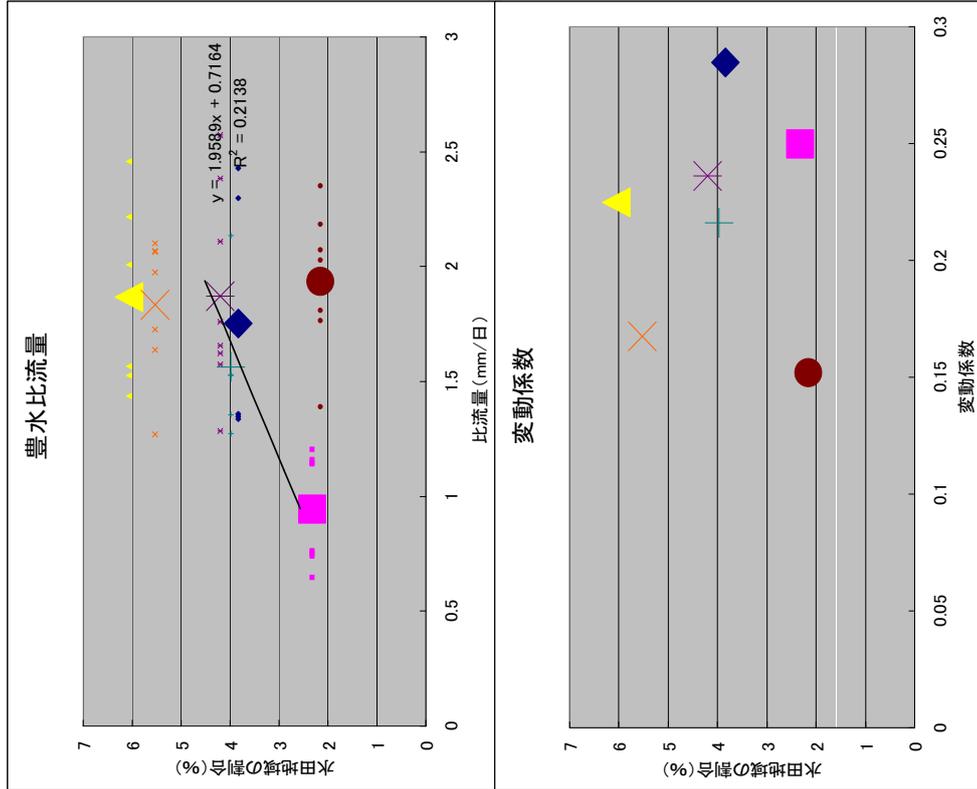
付録図86 霞ヶ浦支流域の森林地域の割合と豊水比流量の関係
 付録図85 霞ヶ浦支流域の市街地域の割合と豊水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



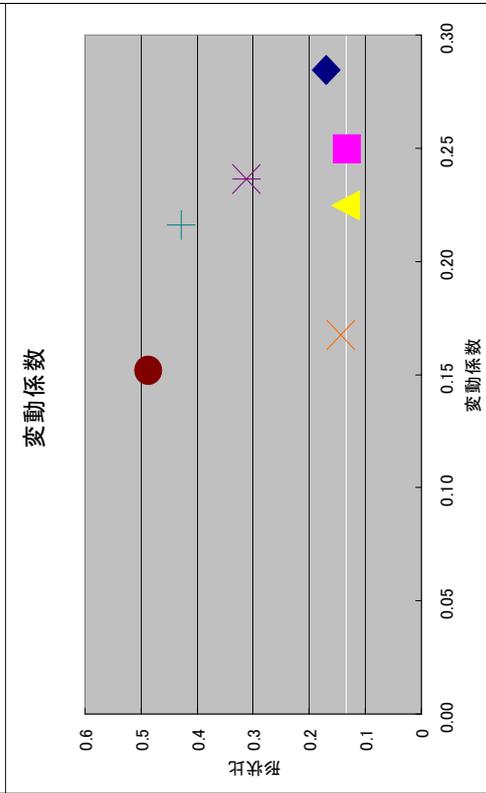
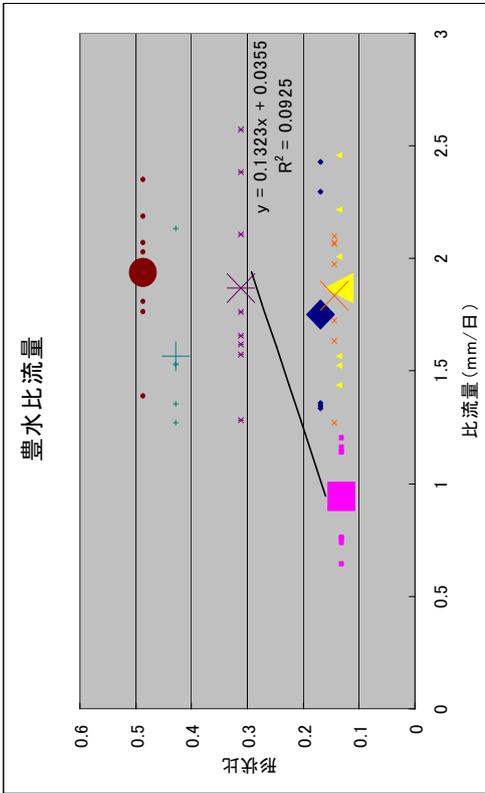
付録図88 霞ヶ浦支流域の平均標高と豊水比流量の関係



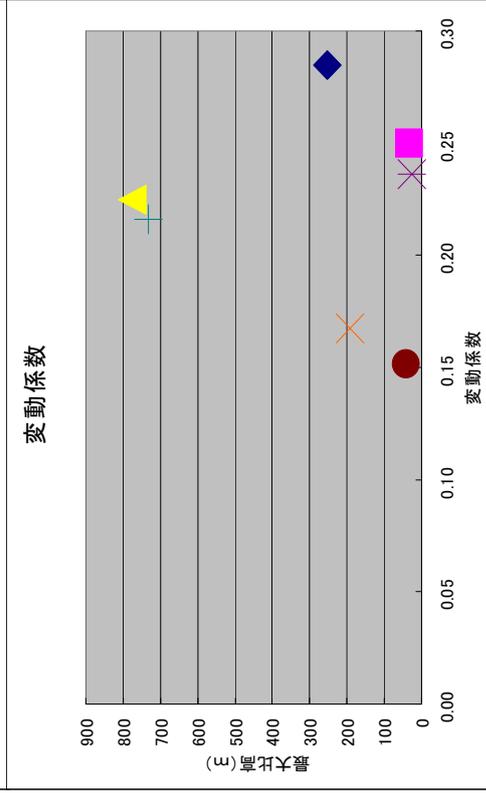
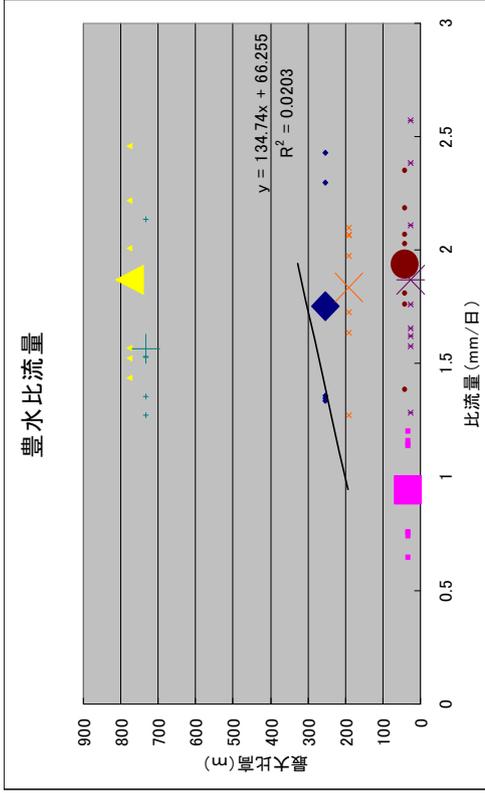
付録図87 霞ヶ浦支流域の水田地域の割合と豊水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域



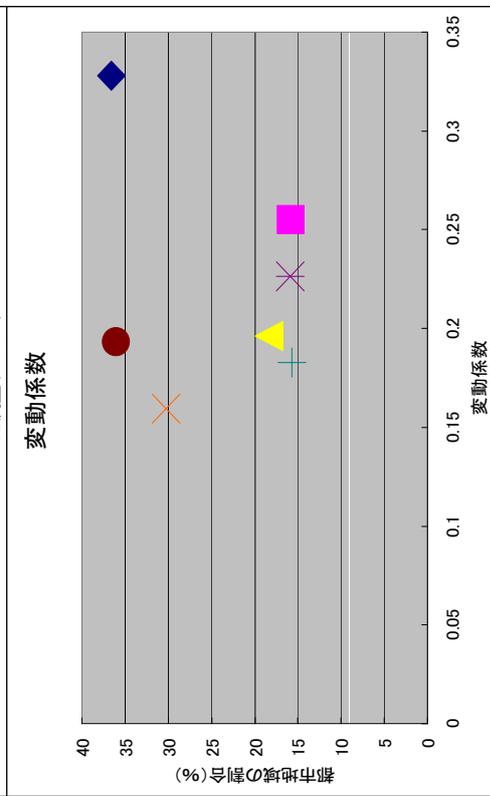
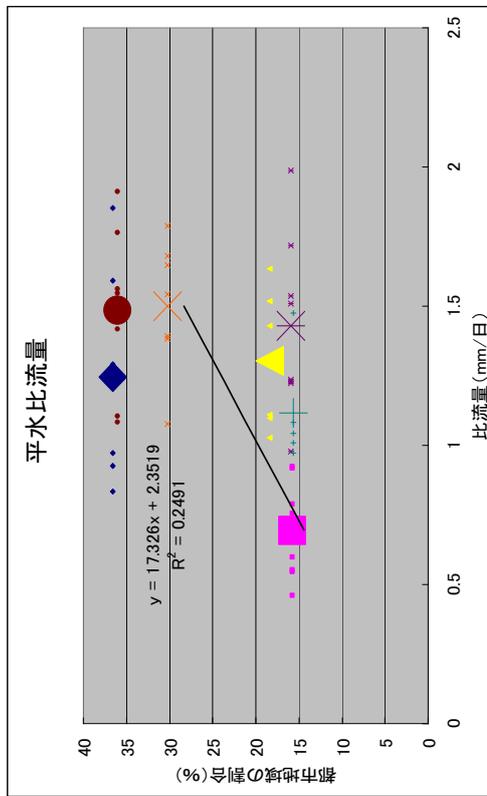
付録図90 霞ヶ浦支流域の形状比と豊水比流量の関係



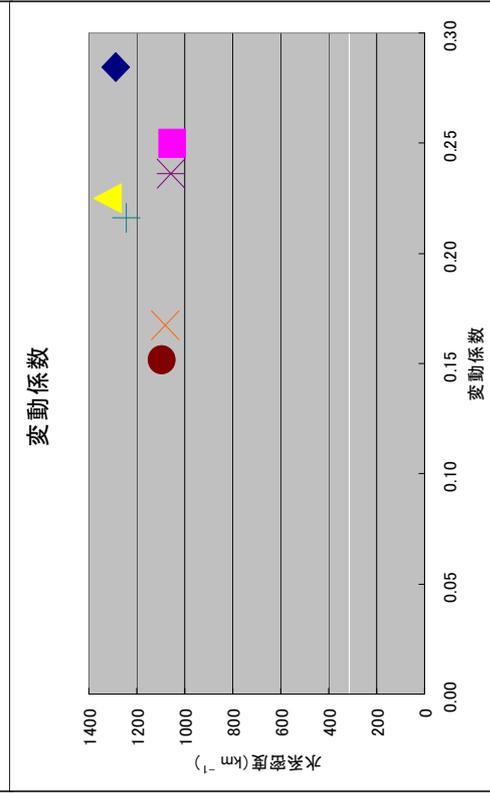
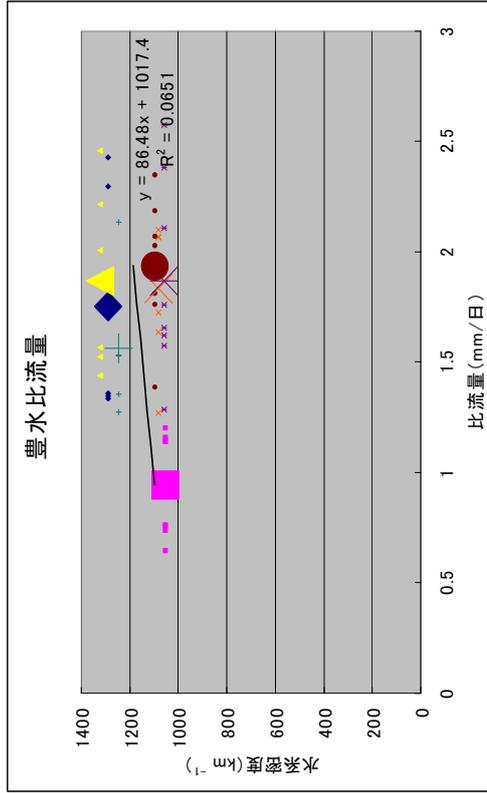
付録図89 霞ヶ浦支流域の最大比高と豊水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 袴田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 巴川流域 × 恋瀬川流域



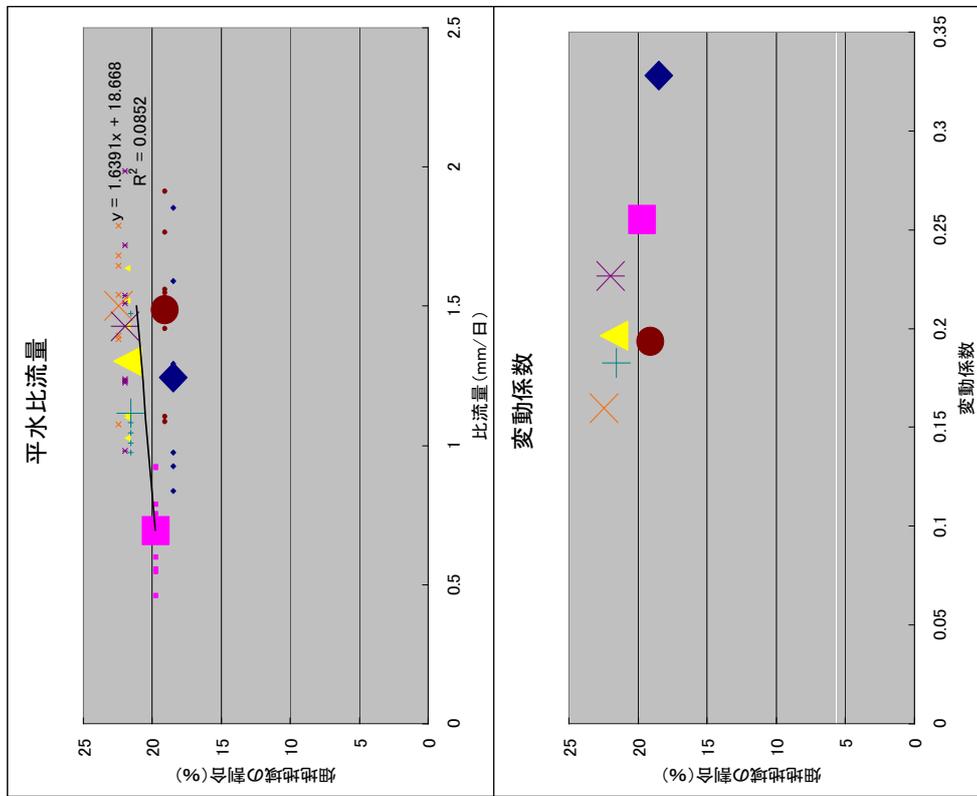
付録図92 霞ヶ浦支流域の市街地地域の割合と平水比流量の関係



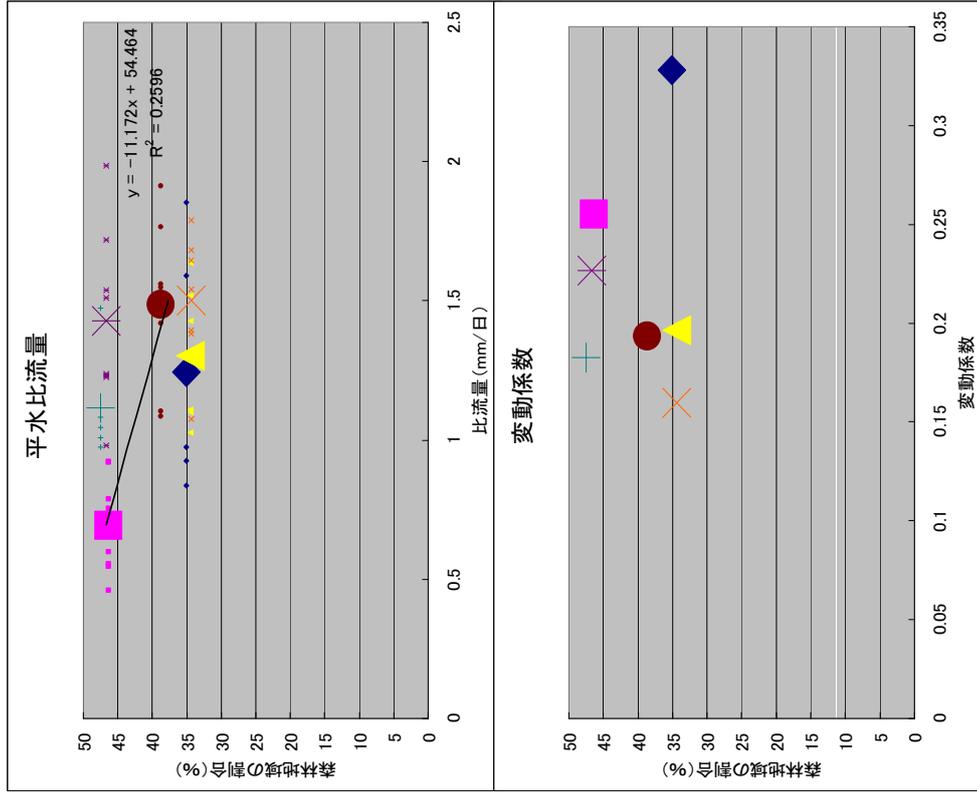
付録図91 霞ヶ浦支流域の水系密度と豊水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 桜川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 園部川流域 ○ 小野川流域 ○ 桜川流域 ○ 清明川流域 ○ 狩田川流域 ○ 恋瀬川流域



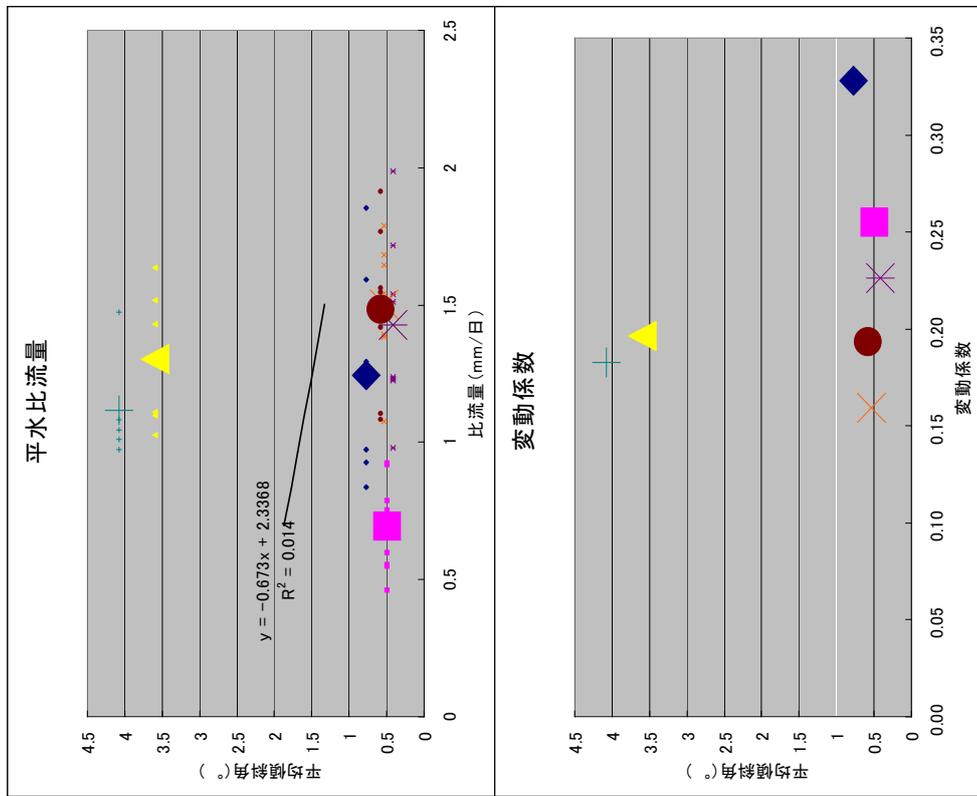
付録図94 霞ヶ浦支流域の畑地域の割合と平均水比流量の関係



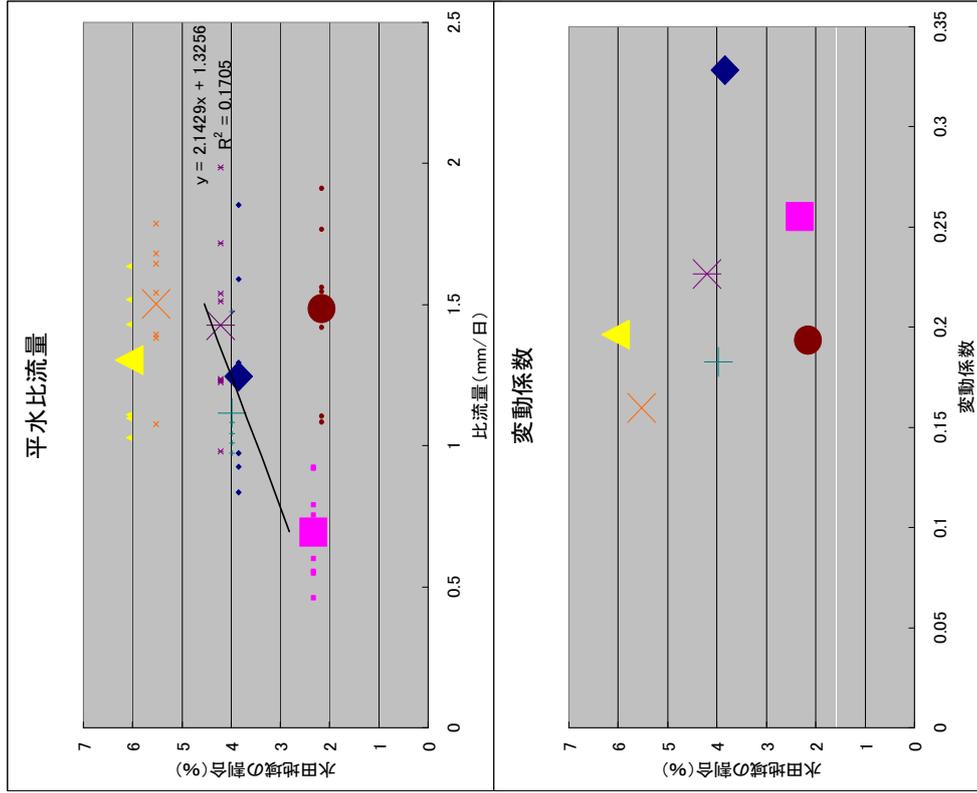
付録図93 霞ヶ浦支流域の森林地域の割合と平均水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



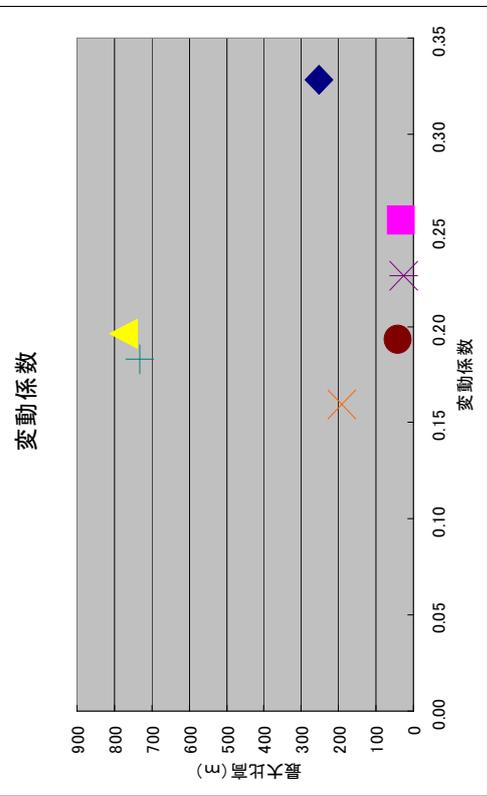
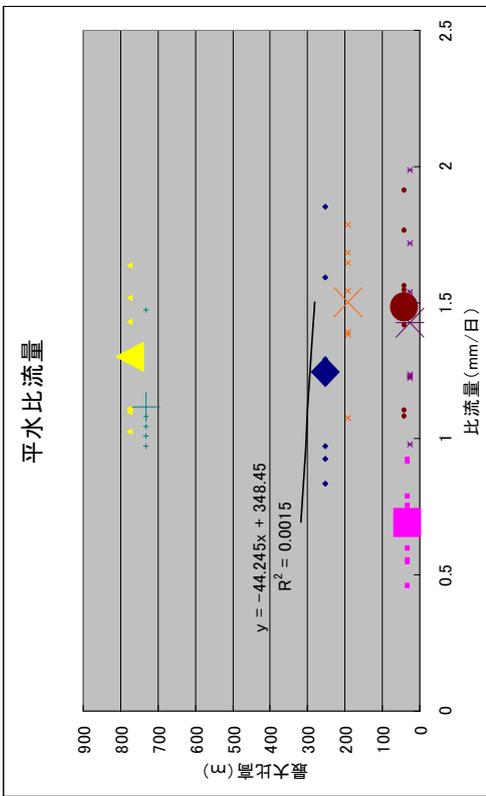
付録図96 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と平均比流量の関係



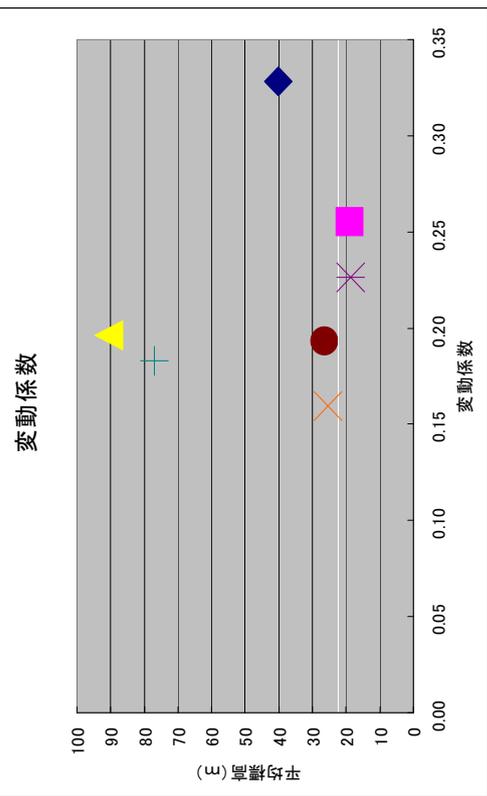
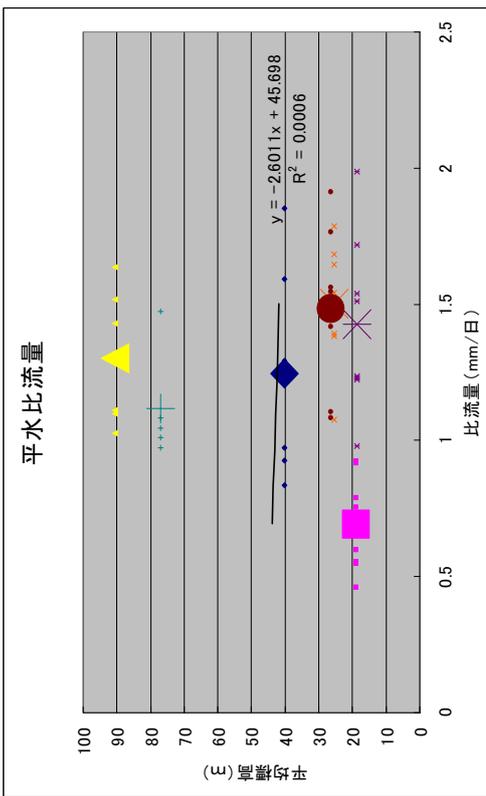
付録図95 霞ヶ浦支流域の水田地域の割合と平均比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 巴川流域 ● 恋瀬川流域



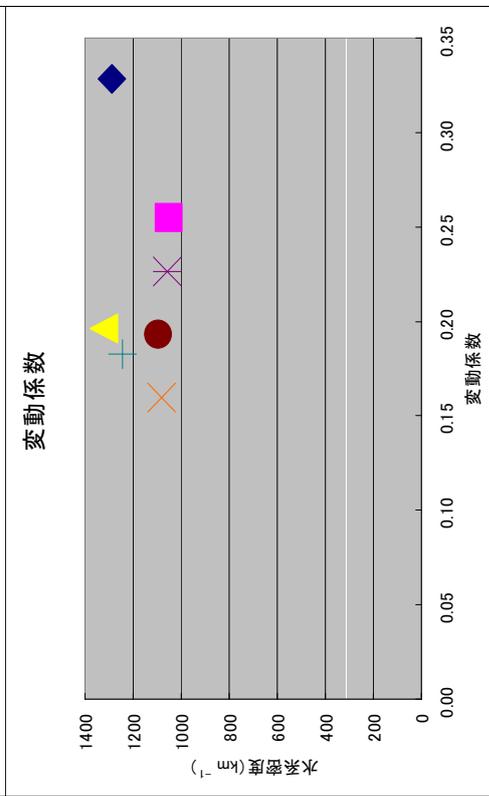
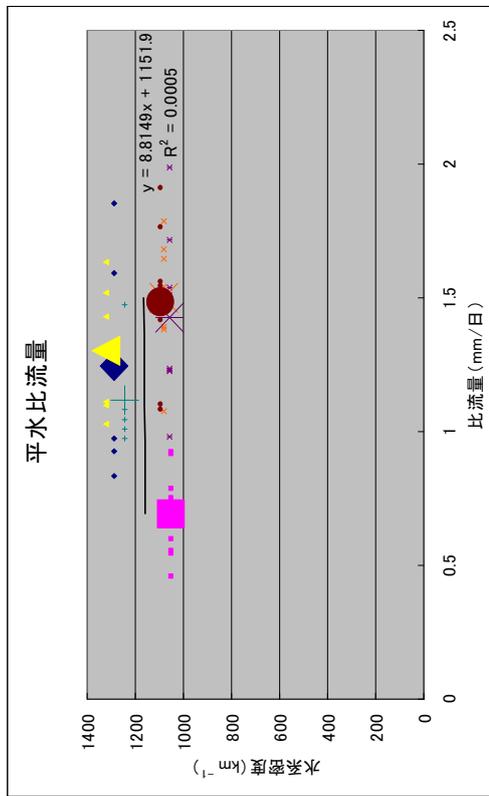
付録図98 霞ヶ浦支流域の最大比高と平均比流量の関係



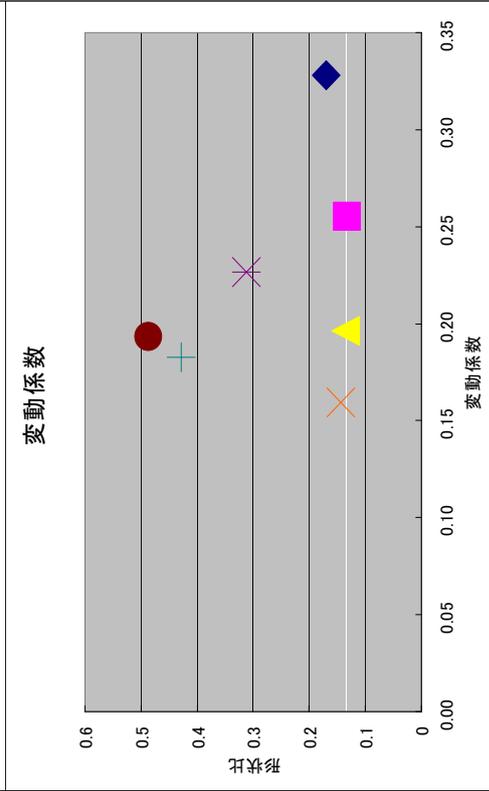
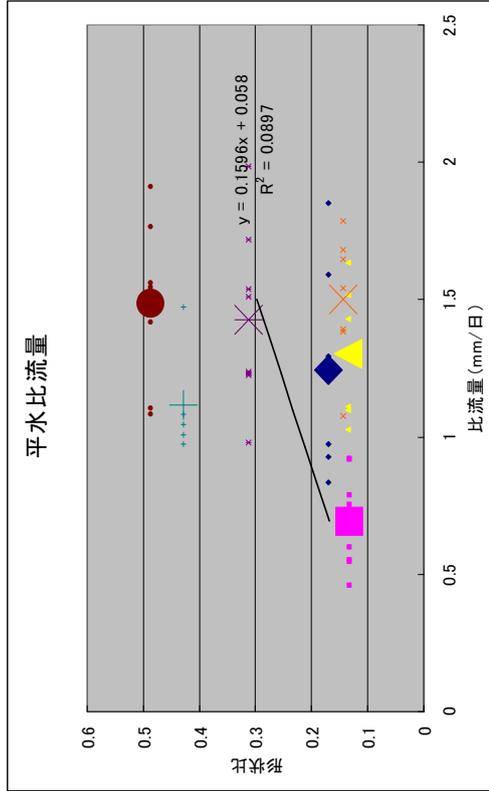
付録図97 霞ヶ浦支流域の平均標高と平均比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



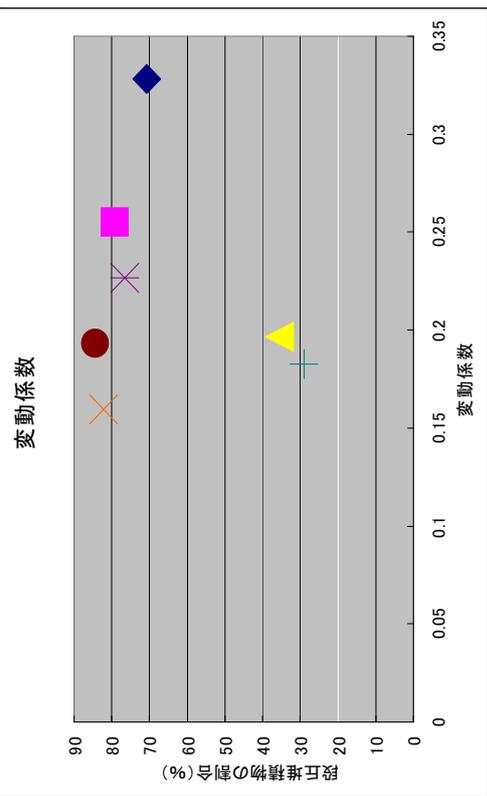
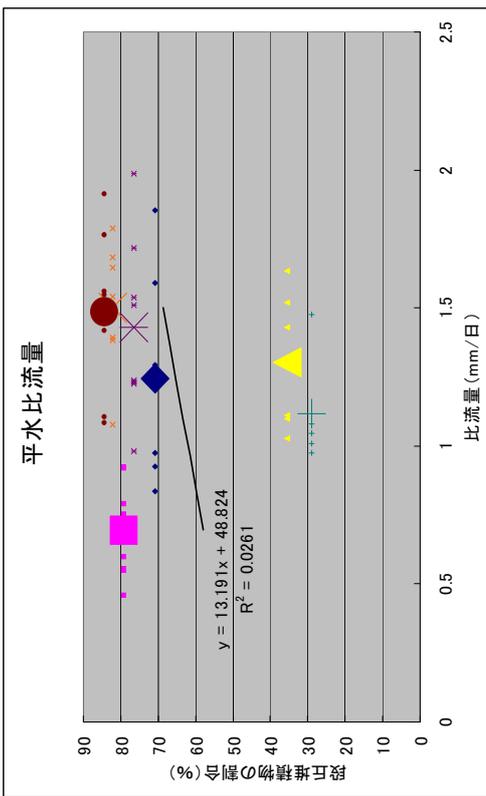
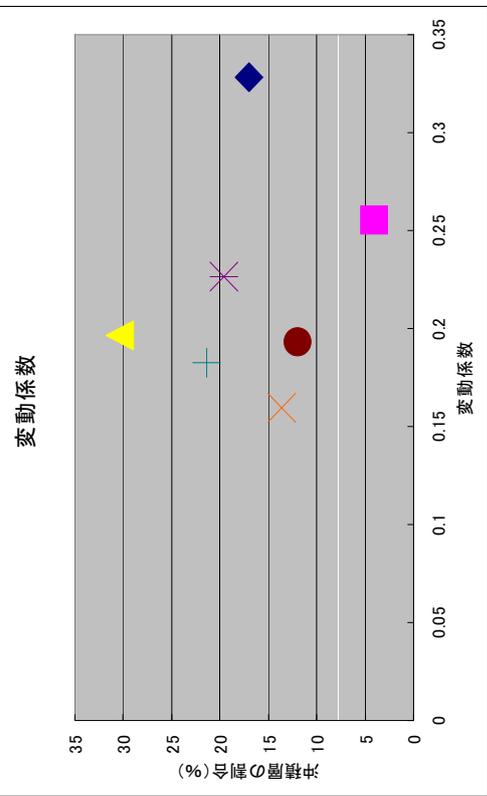
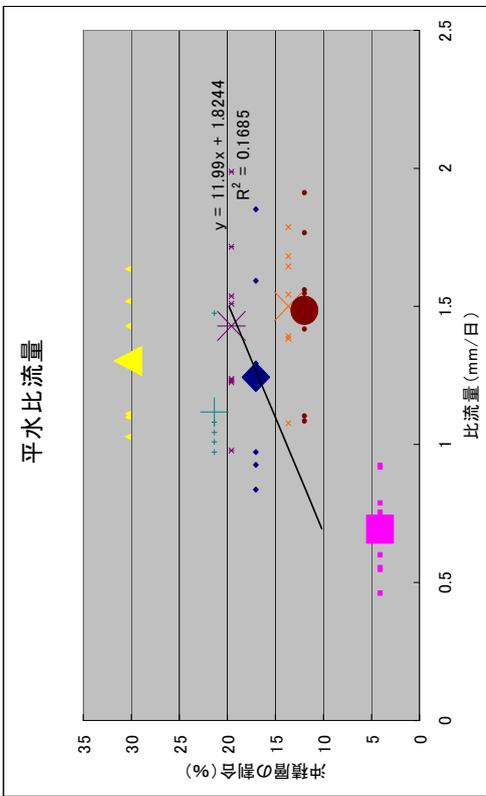
付録図99 霞ヶ浦支流流域の水系密度と平均比流量の関係



付録図100 霞ヶ浦支流流域の形状比と平均比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 巴川流域 × 清明川流域 × 恋瀬川流域

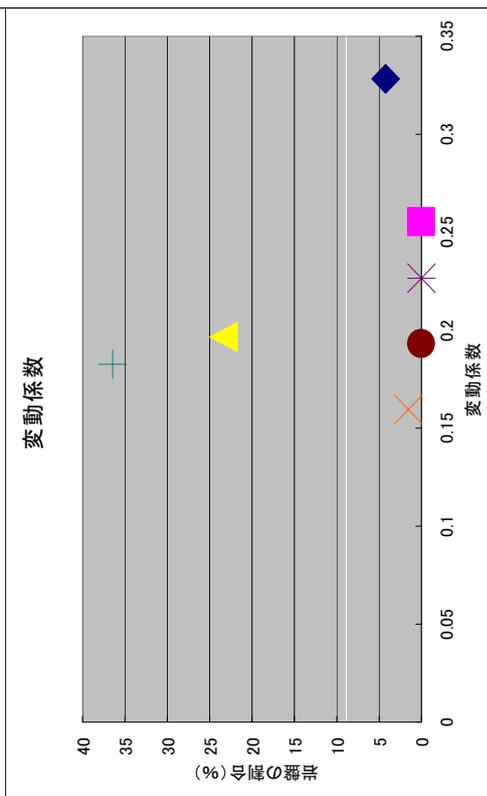
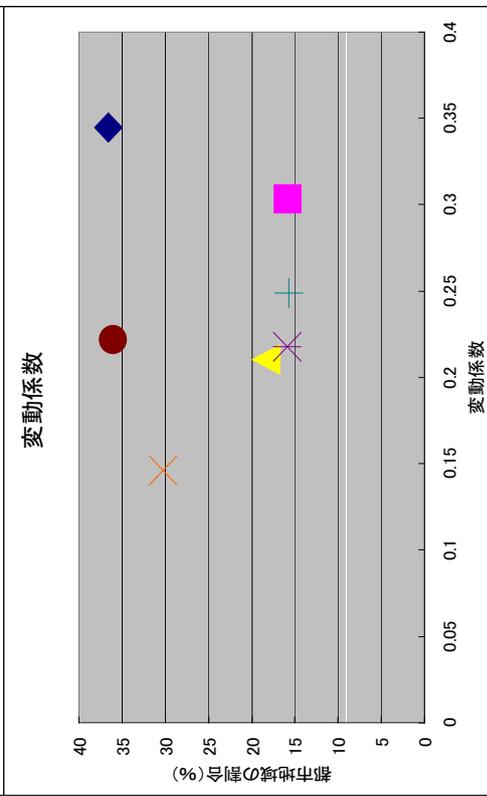
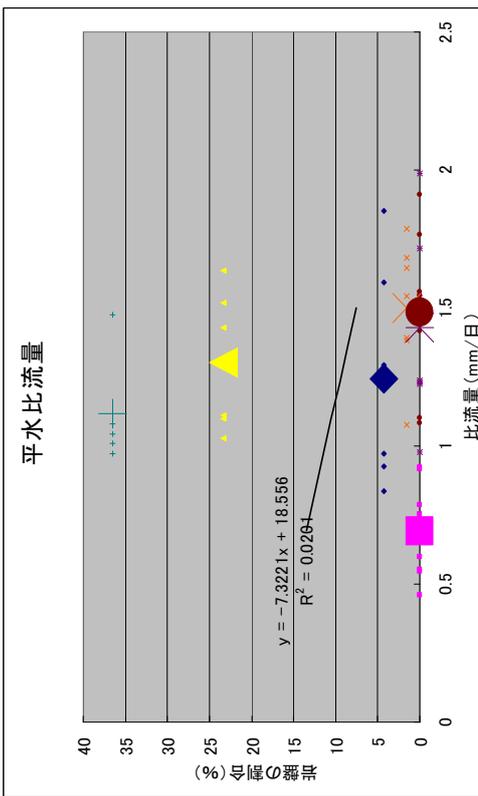
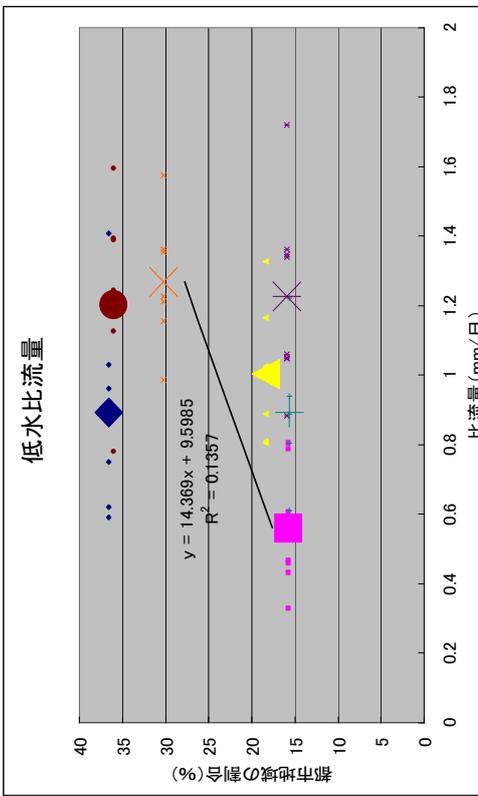


付録図101 霞ヶ浦支流域の段丘堆積物の割合と平均比流量の関係

付録図102 霞ヶ浦支流域の沖積層の割合と平均比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 巴川流域 × 藤田川流域

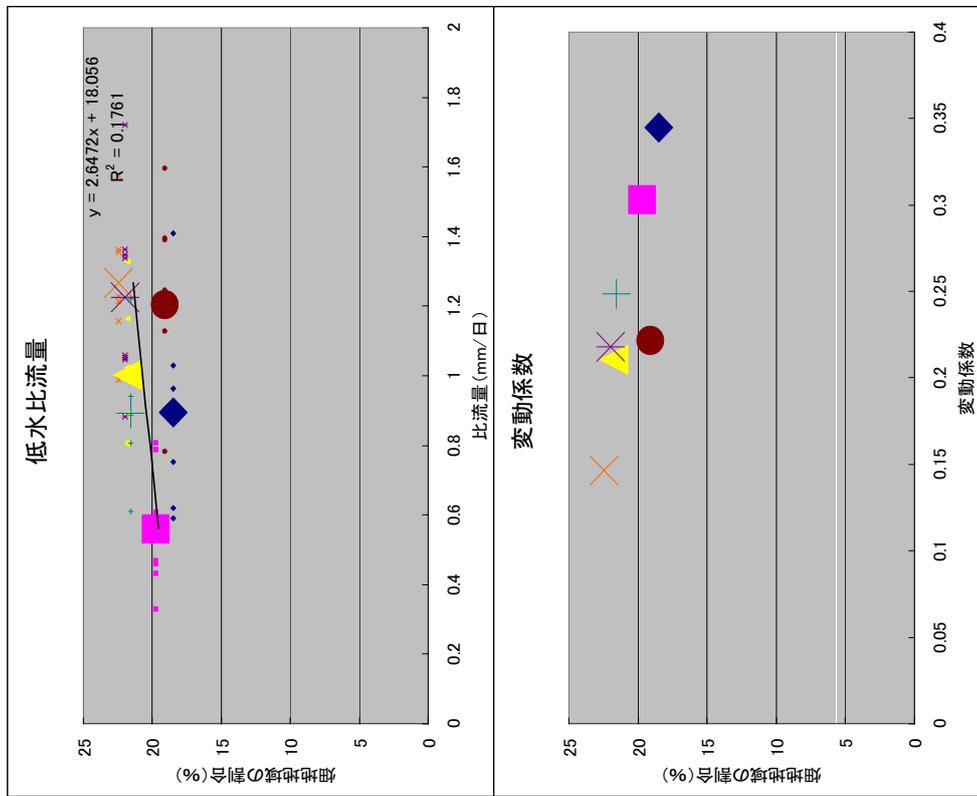


付録図104 霞ヶ浦支流域の市街地域の割合と低水比流量の関係

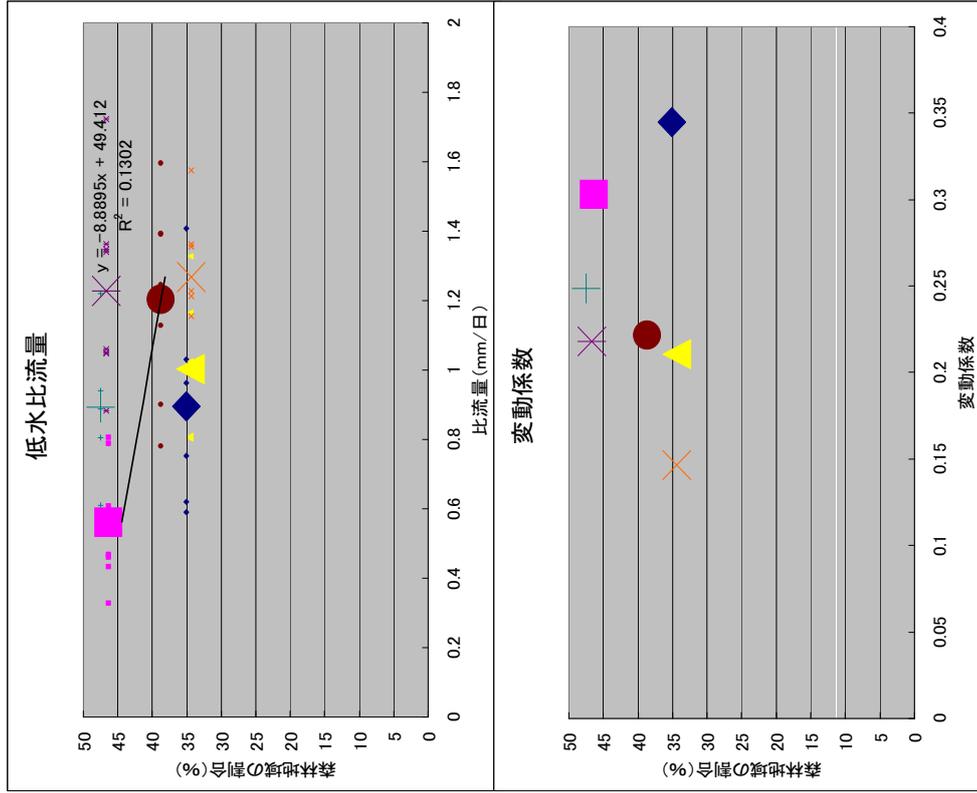
付録図103 霞ヶ浦支流域の岩盤の割合と平水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 巴川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



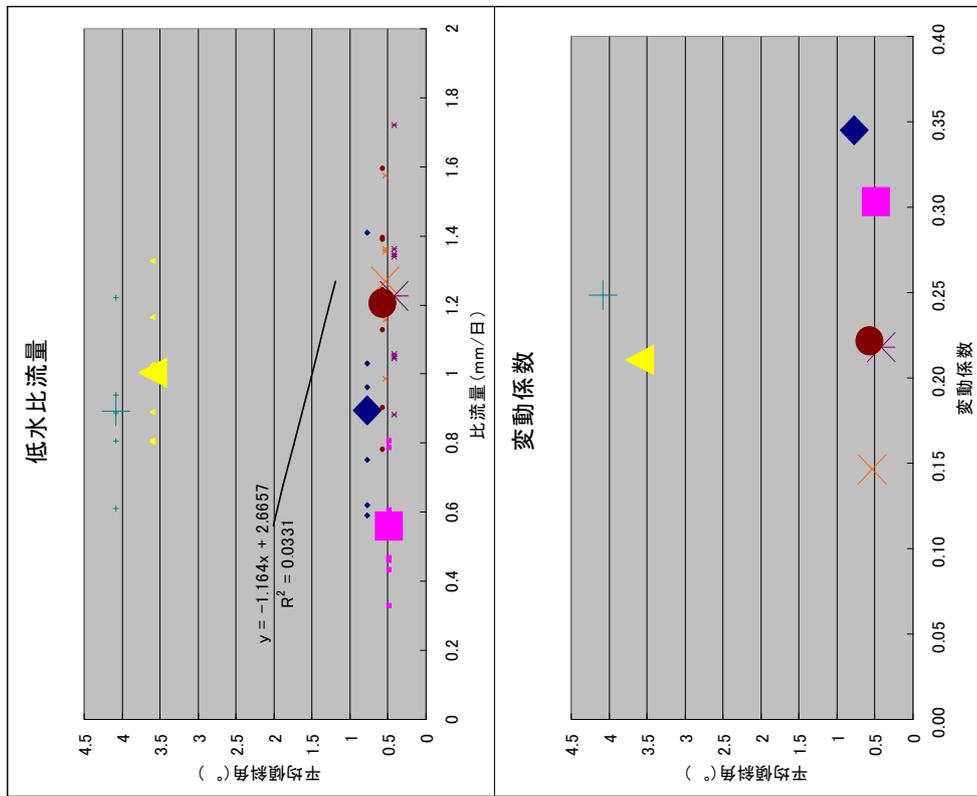
付録図106 霞ヶ浦支流域の畑地域の畑地割合と低水比流量の関係



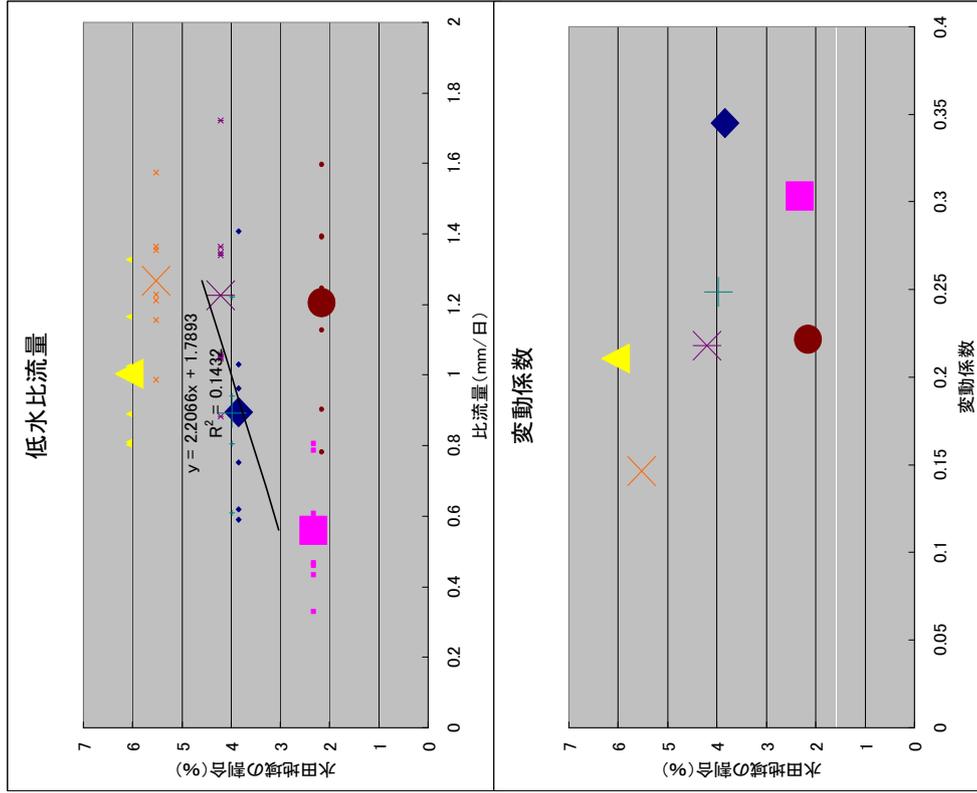
付録図105 霞ヶ浦支流域の森林地域の割合と低水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



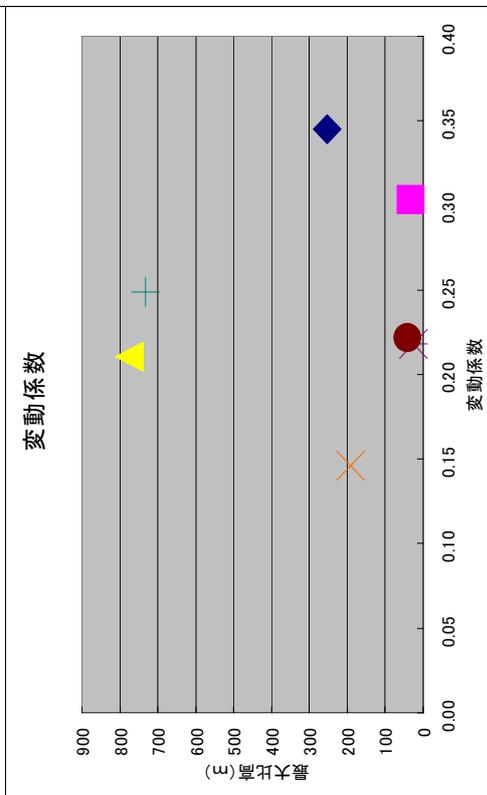
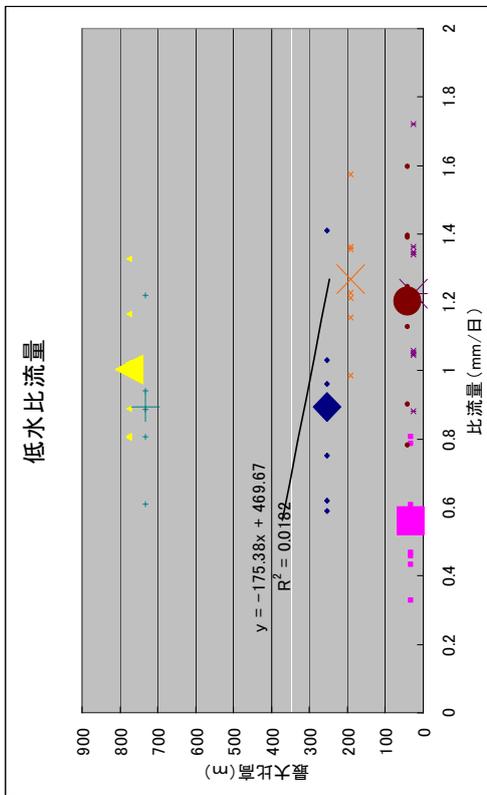
付録図108 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と低水比流量の関係



付録図107 霞ヶ浦支流域の水田地域の割合と低水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域

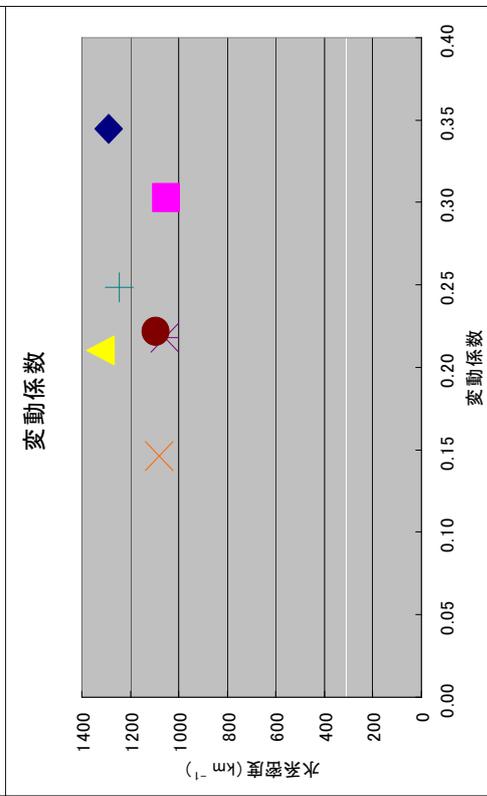
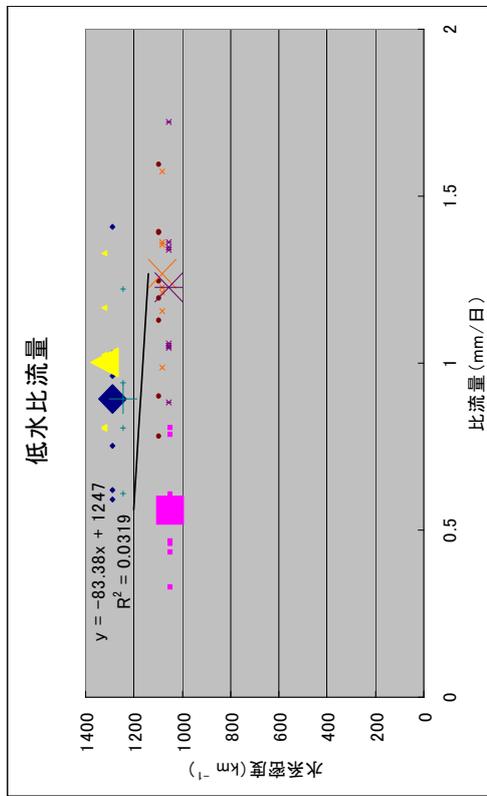


付録図109 霞ヶ浦支流流域の平均標高と低水比流量の関係

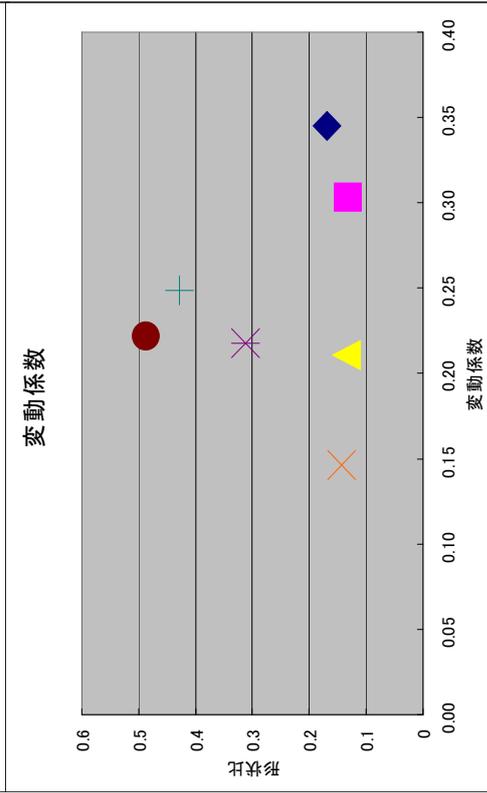
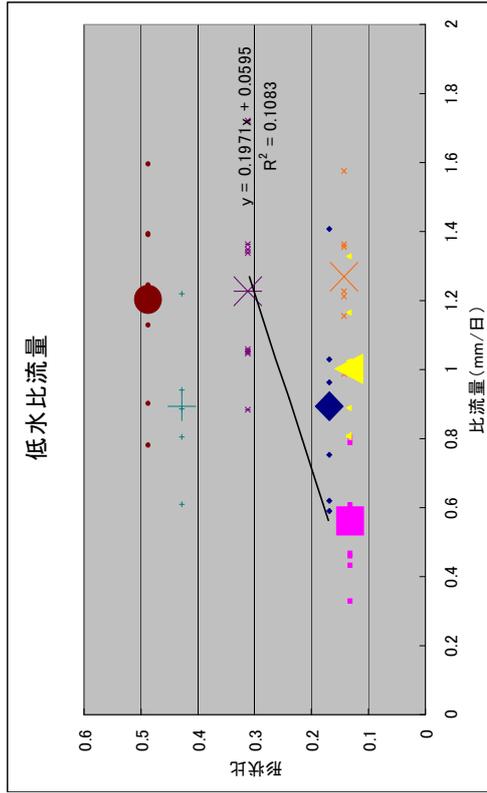
付録図110 霞ヶ浦支流流域の最大比高と低水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



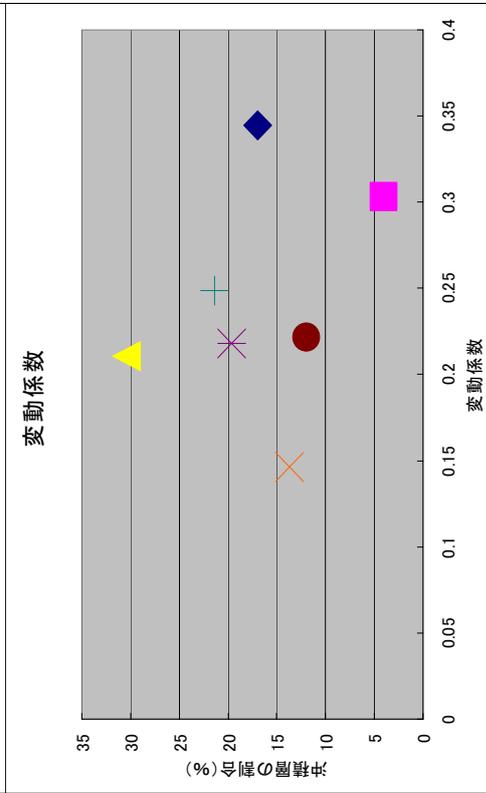
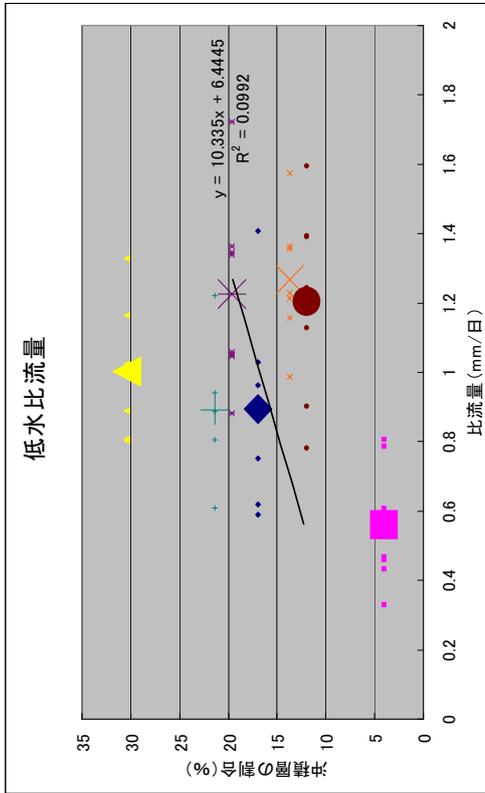
付録図112 霞ヶ浦支流域の水系密度と低水比流量の関係



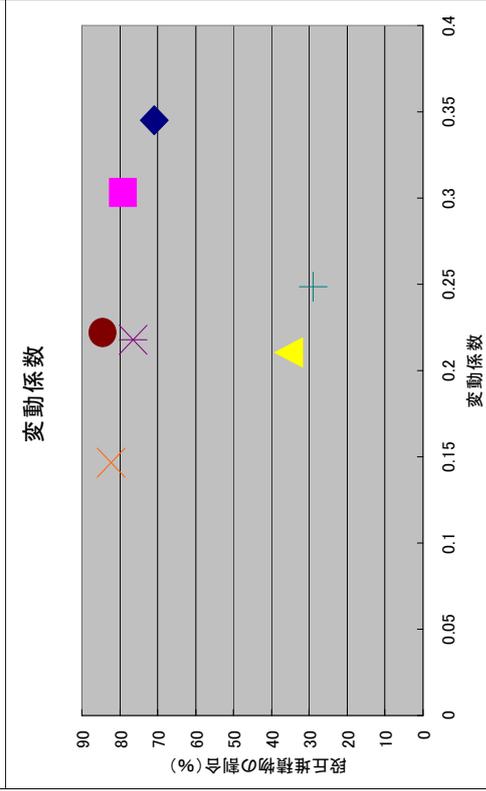
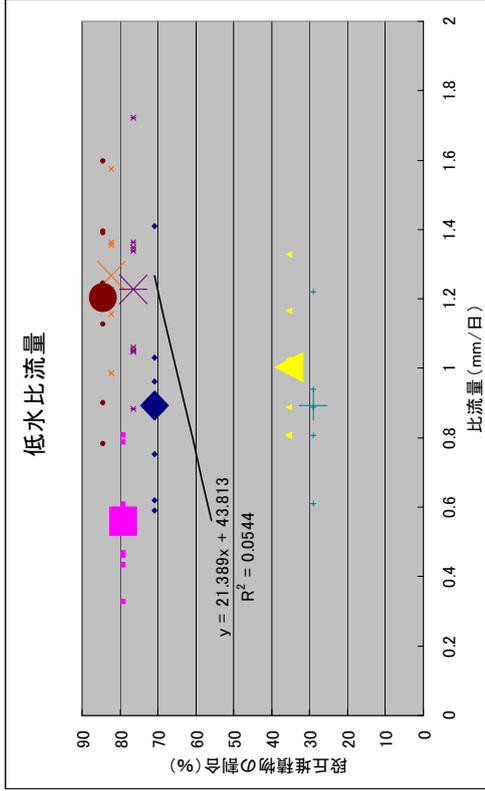
付録図111 霞ヶ浦支流域の形状比と低水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域



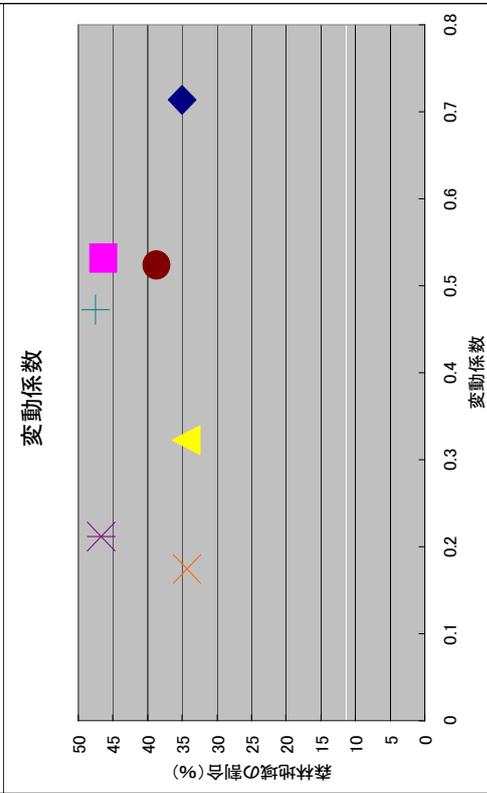
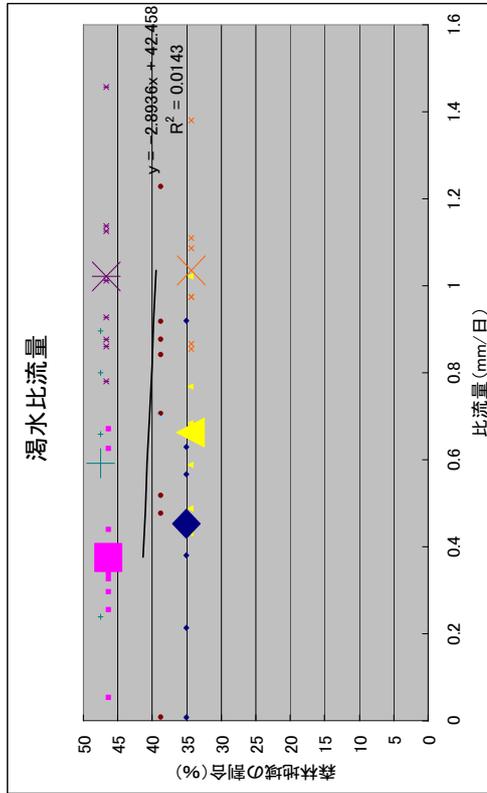
付録図114 霞ヶ浦支流域の沖積層の沖積層の割合と低水比流量の関係



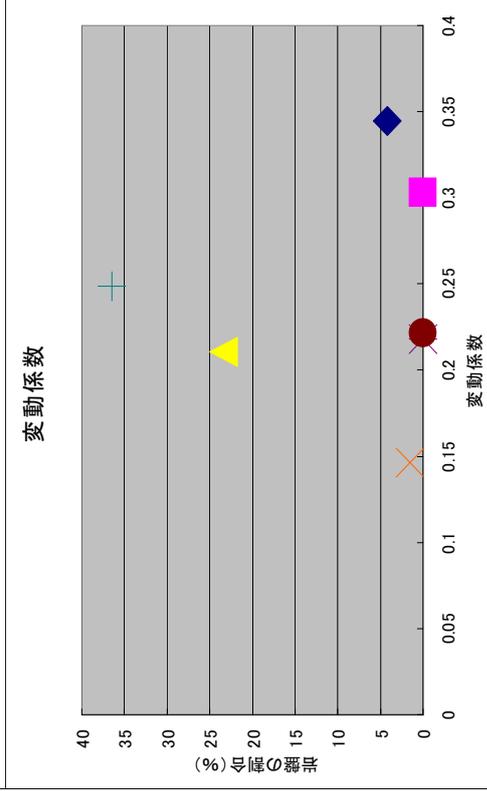
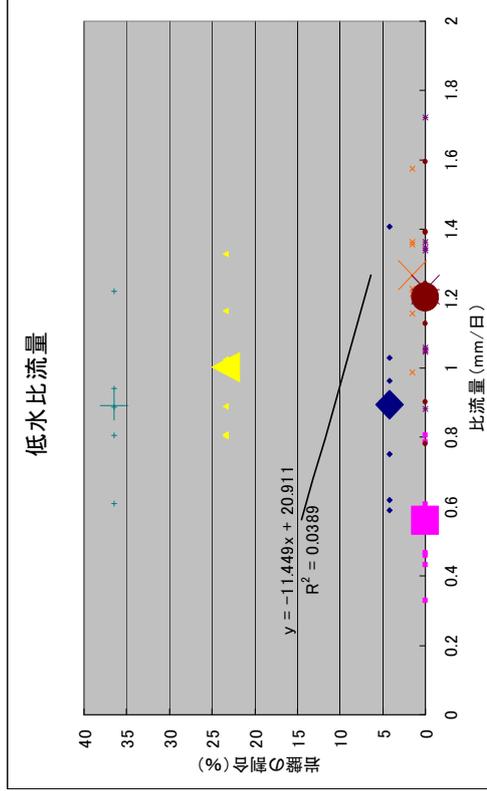
付録図113 霞ヶ浦支流域の段丘堆積物の割合と低水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 藤田川流域 × 恋瀬川流域



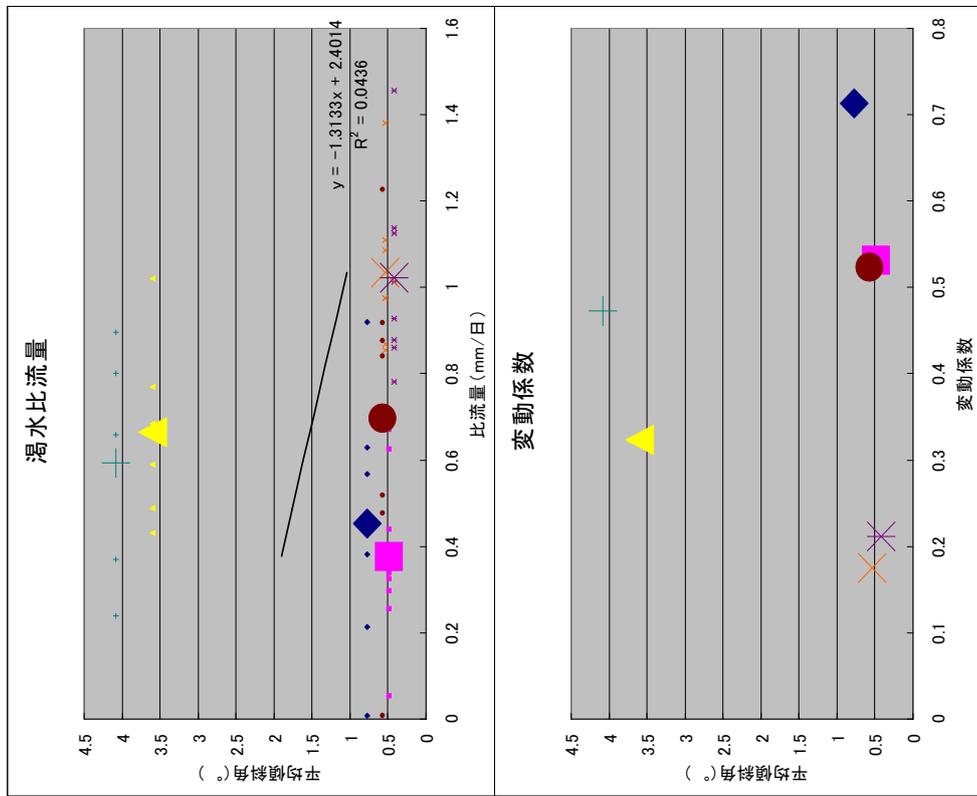
付録図116 霞ヶ浦支流域の森林地域の割合と濁水比流量の関係



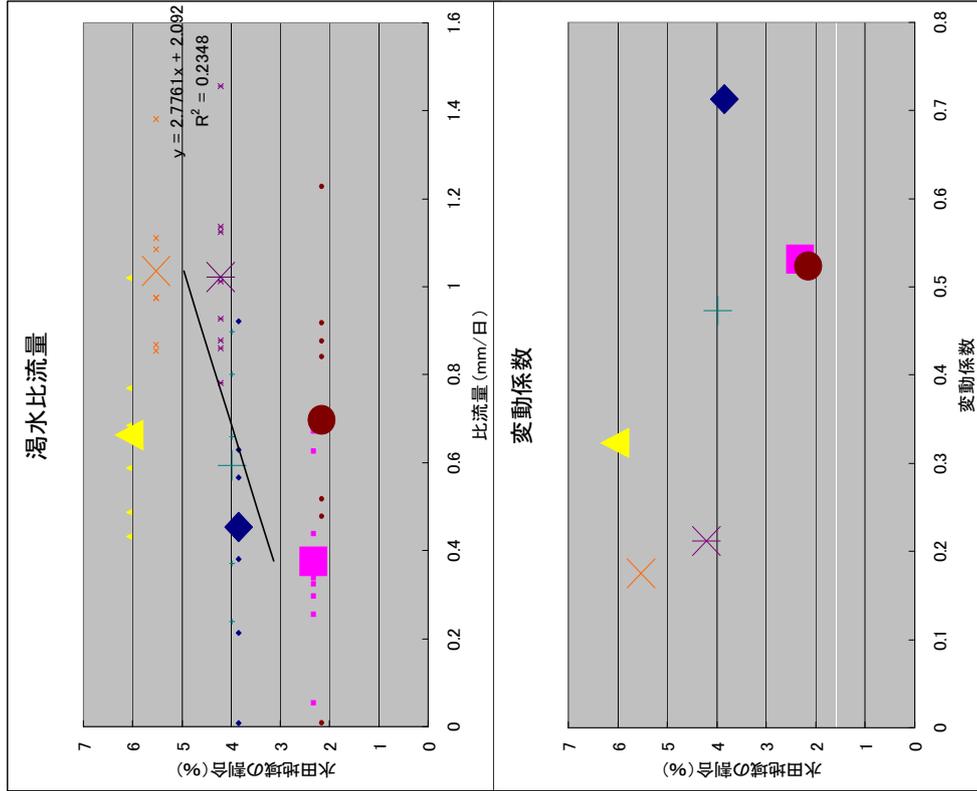
付録図115 霞ヶ浦支流域の岩盤の割合と低水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 榎川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



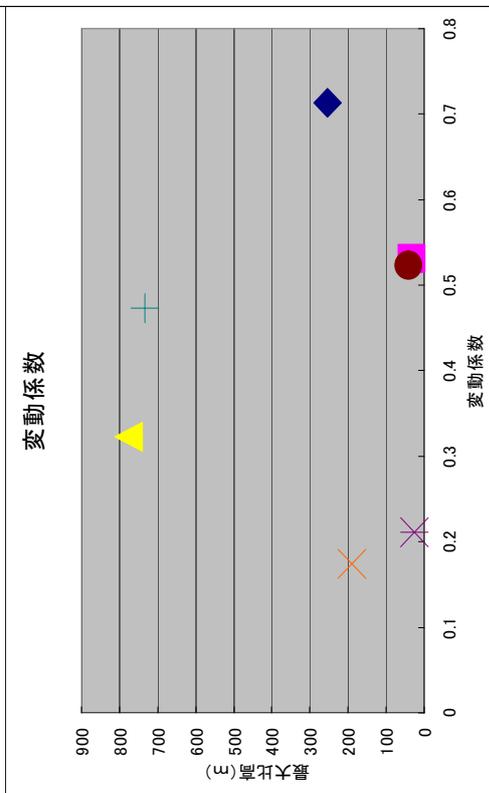
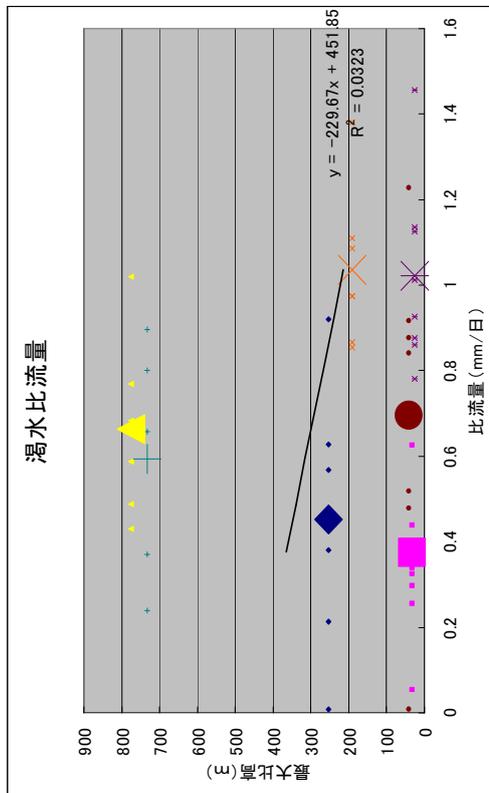
付録図118 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と濁水比流量の関係



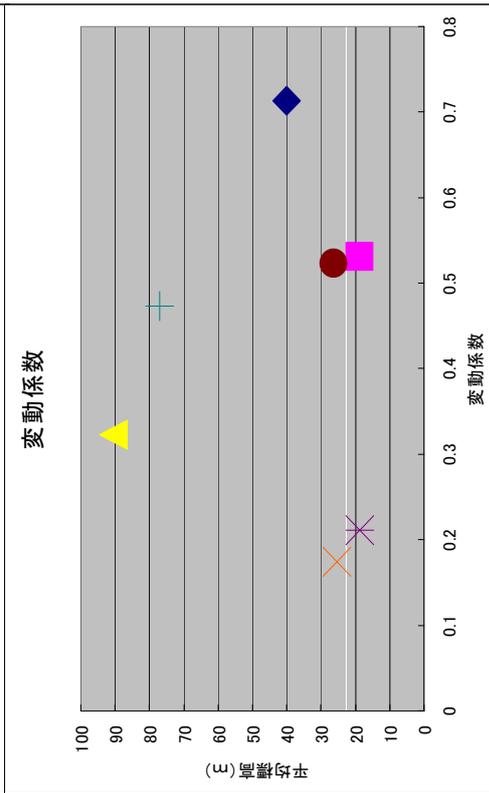
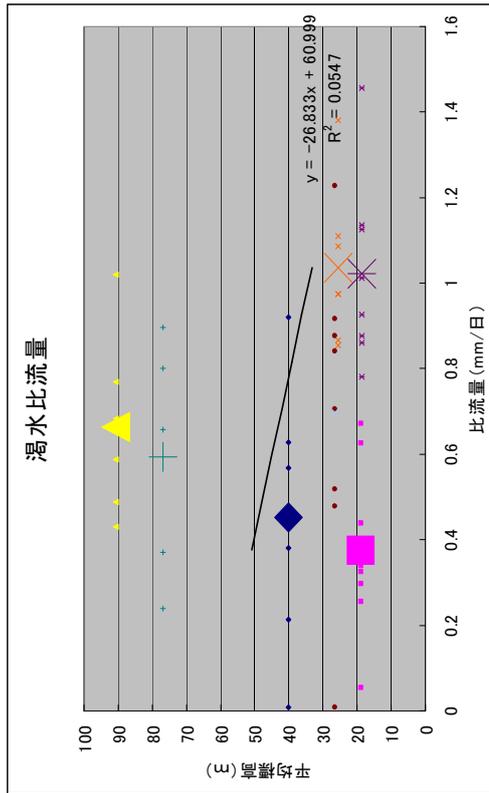
付録図117 霞ヶ浦支流域の水田地域の割合と濁水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域



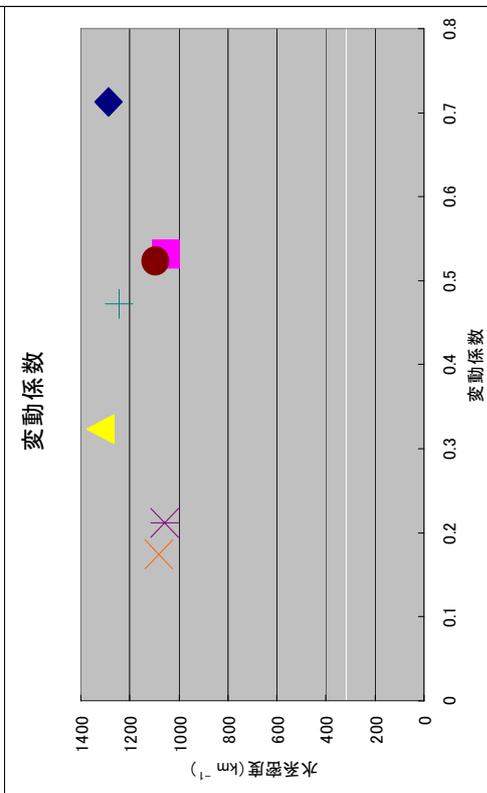
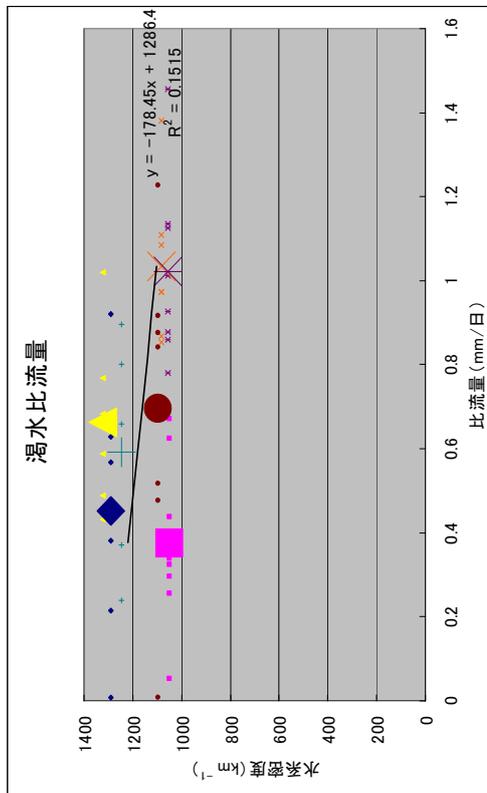
付録図120 霞ヶ浦支流流域の最大比高と濁水比流量の関係



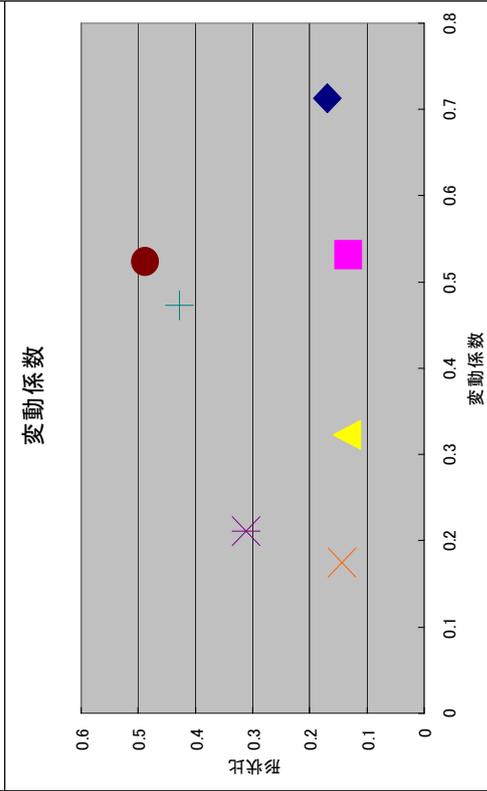
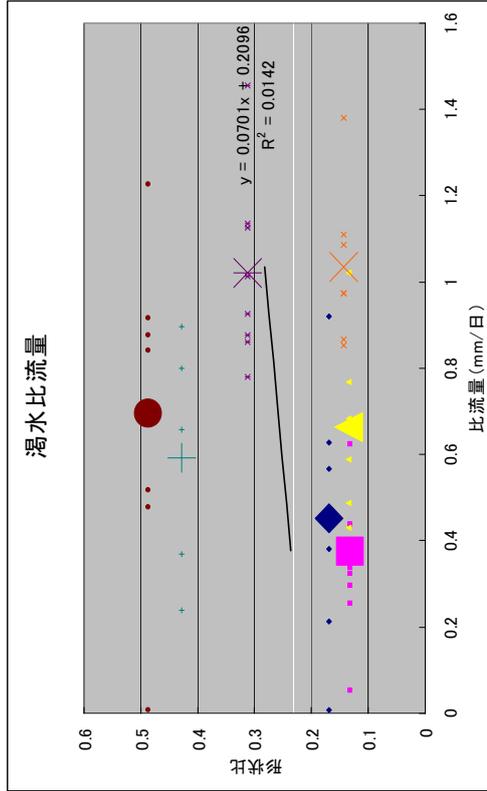
付録図119 霞ヶ浦支流流域の平均標高と濁水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



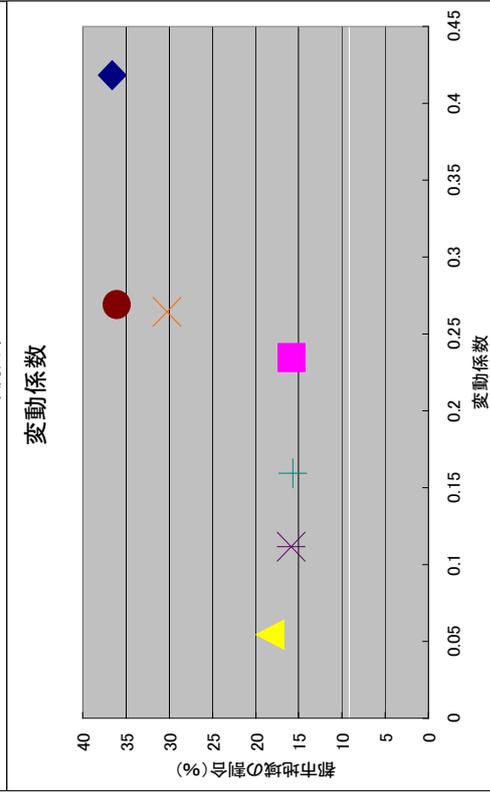
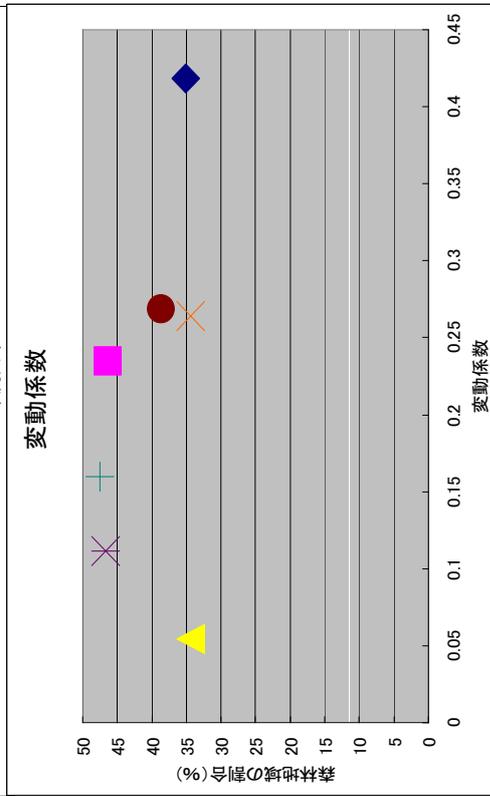
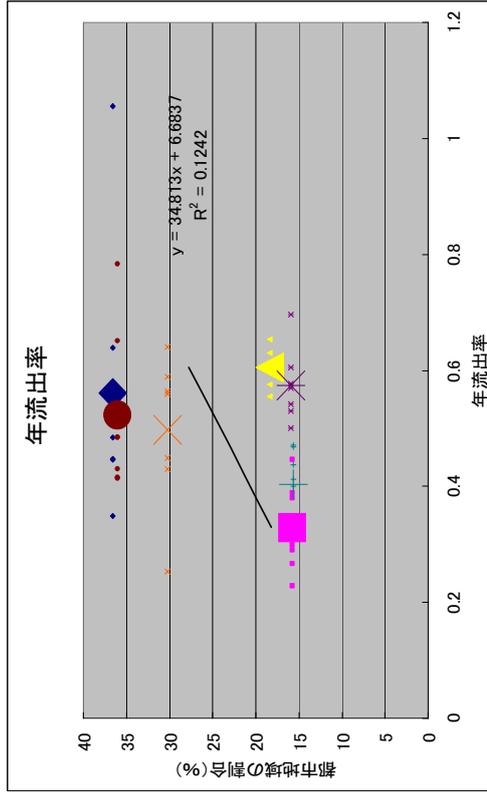
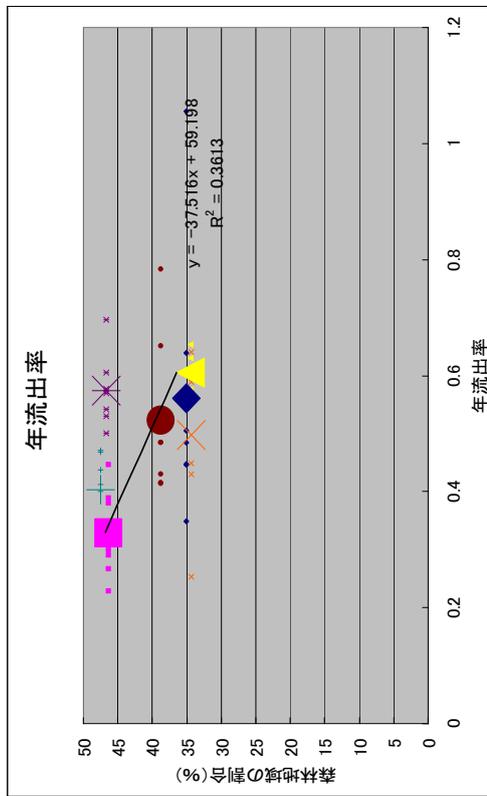
付録図122 霞ヶ浦支流域の水系密度と濁水比流量の関係



付録図121 霞ヶ浦支流域の形状比と濁水比流量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域

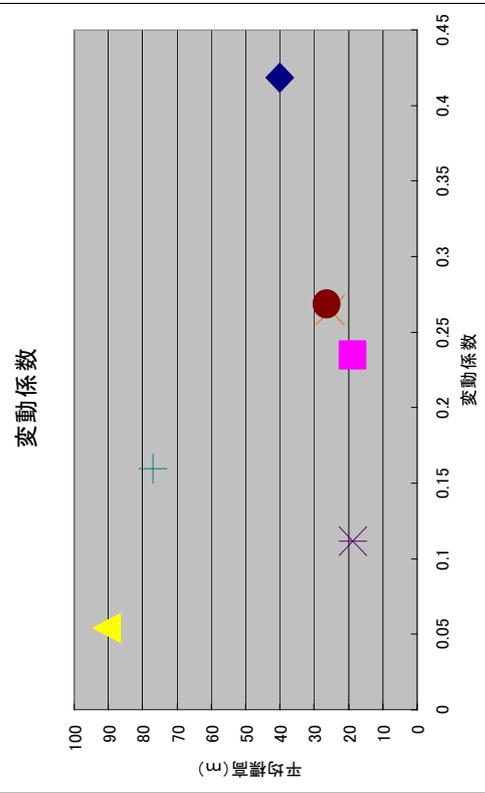
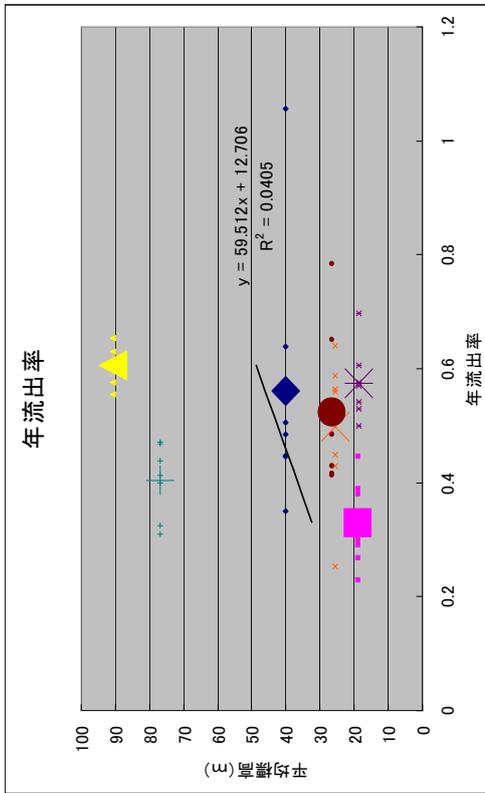


付録図124 霞ヶ浦支流域の森林地域の割合と年流出率の関係

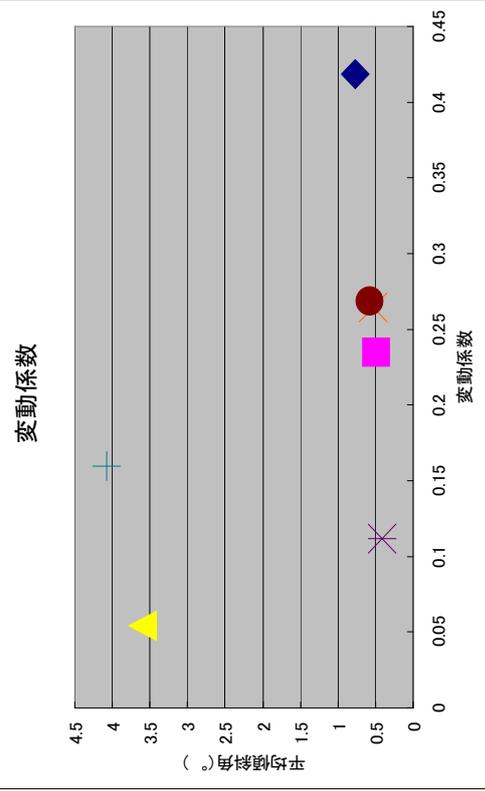
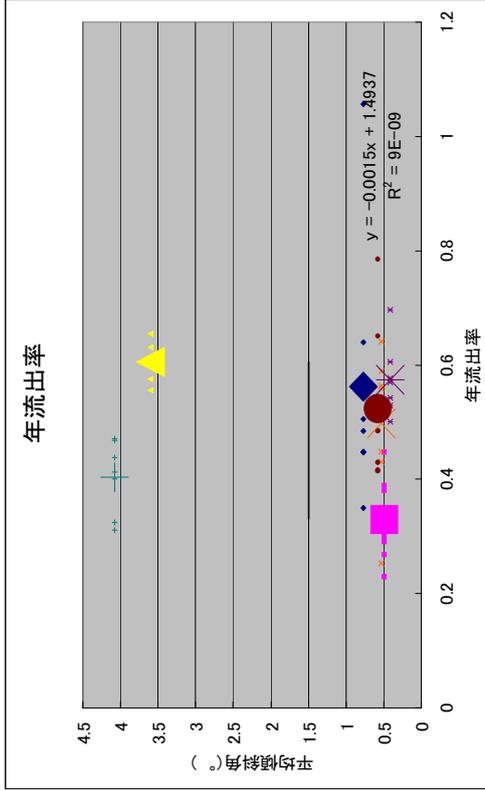
付録図123 霞ヶ浦支流域の市街地地域の割合と年流出率の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



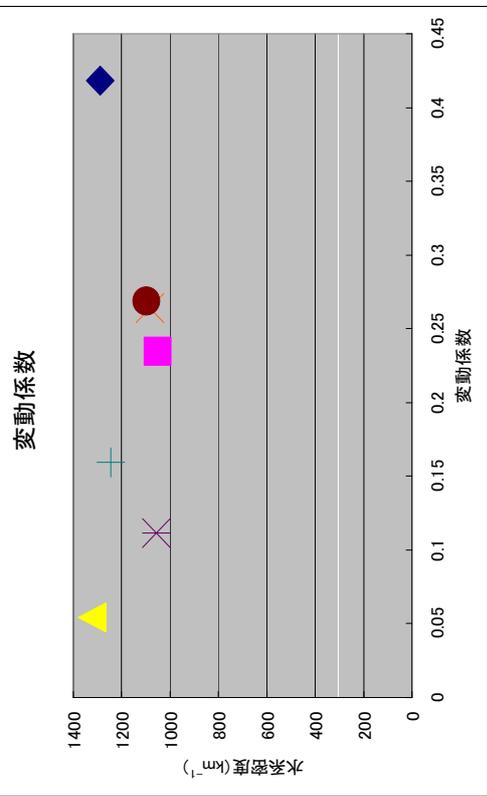
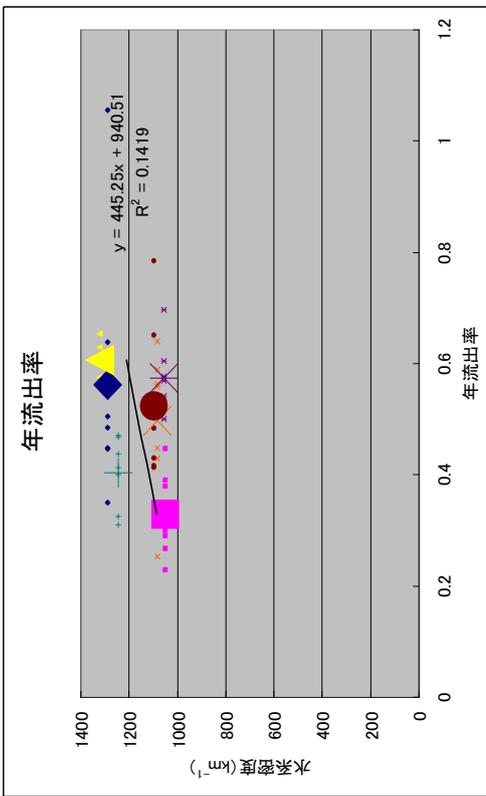
付録図126 霞ヶ浦支流域の平均標高と年流出率の関係



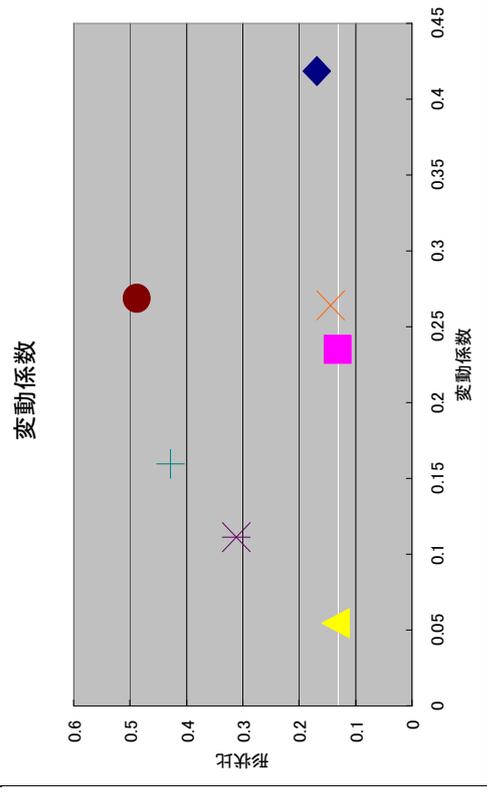
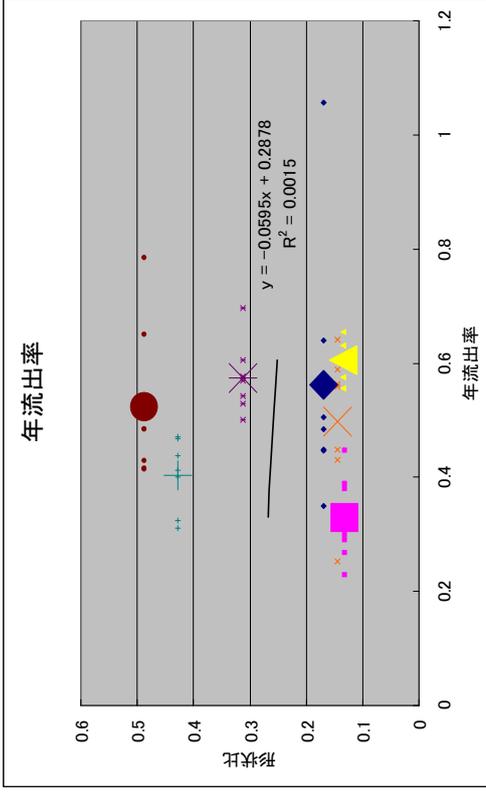
付録図125 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と年流出率の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



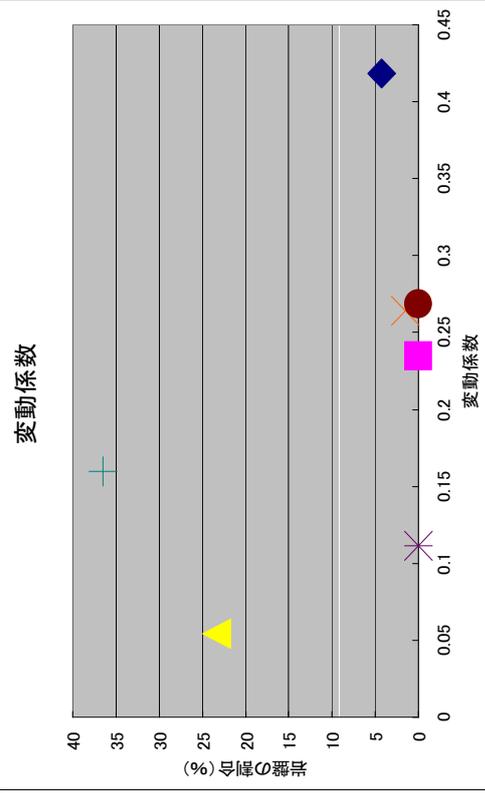
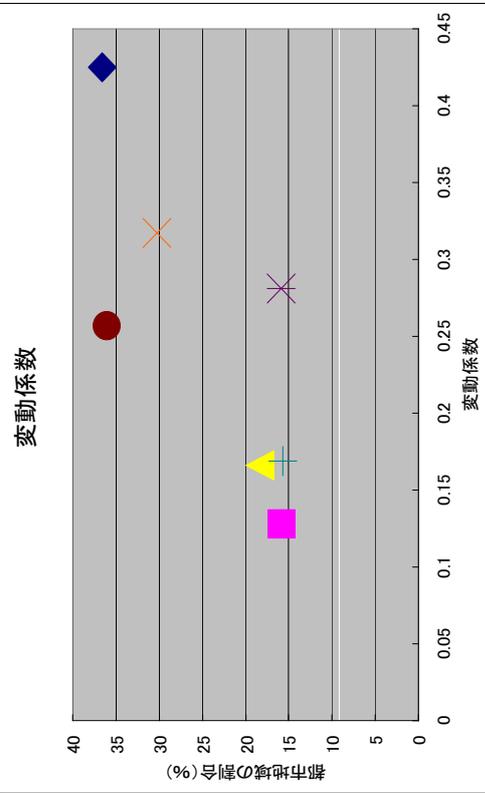
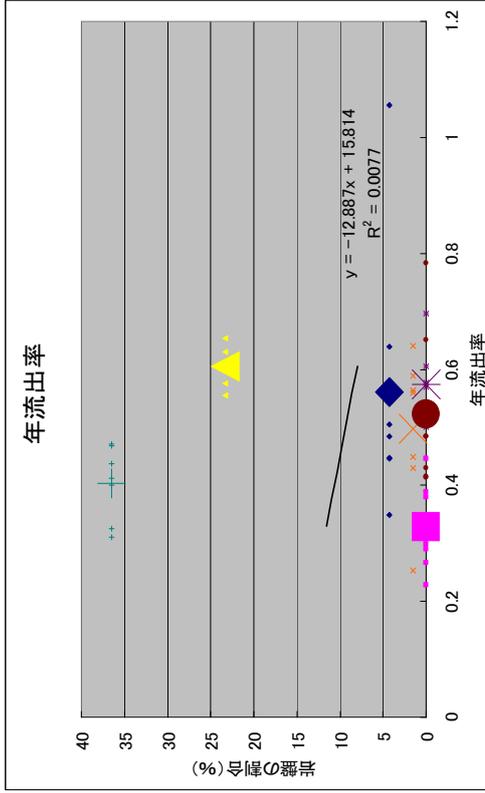
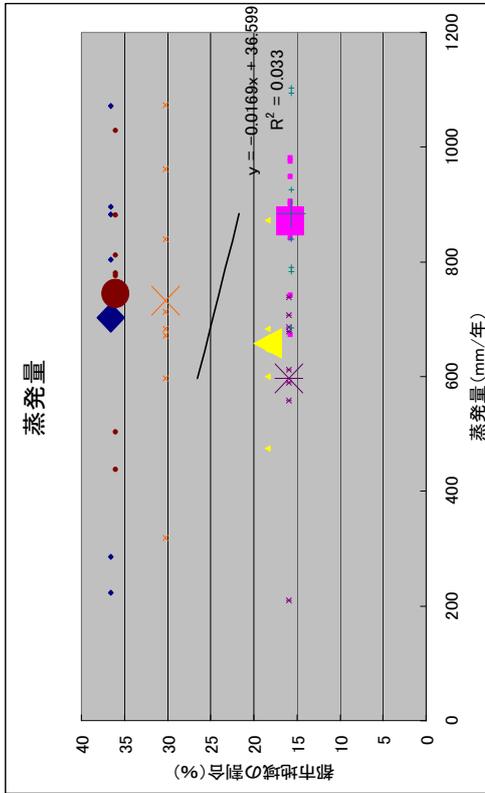
付録図128 霞ヶ浦支流域の水系密度と年流出率の関係



付録図127 霞ヶ浦支流域の形状比と年流出率の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

●園部川流域 ●小野川流域 ●榎川流域 ●清明川流域 ●袴田川流域 ●恋瀬川流域
 ○巴川流域 × 霞ヶ浦支流域

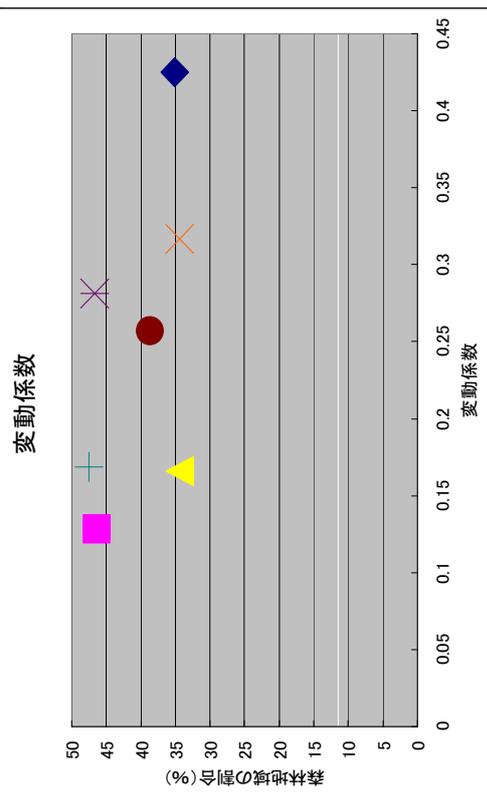
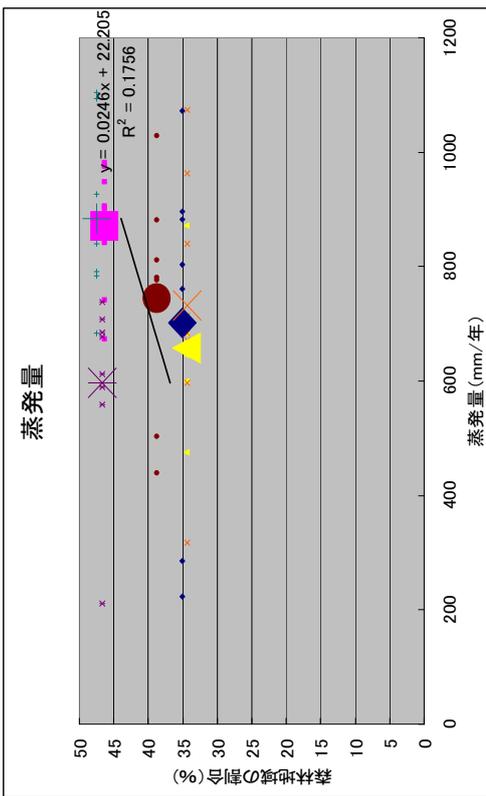
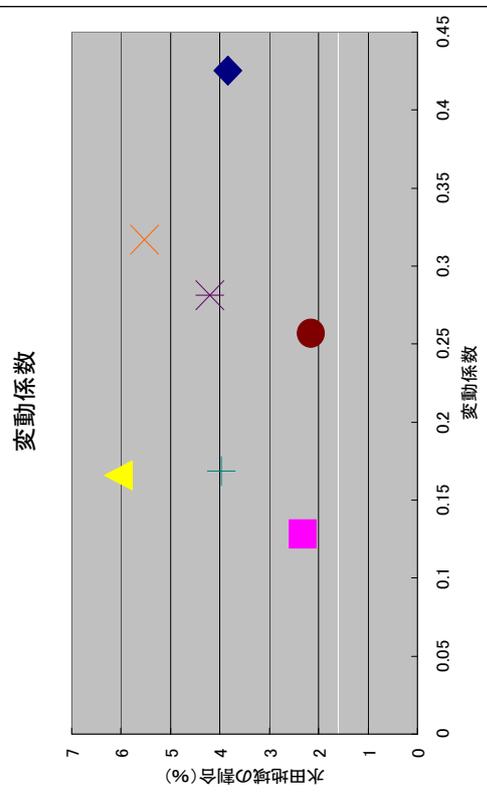
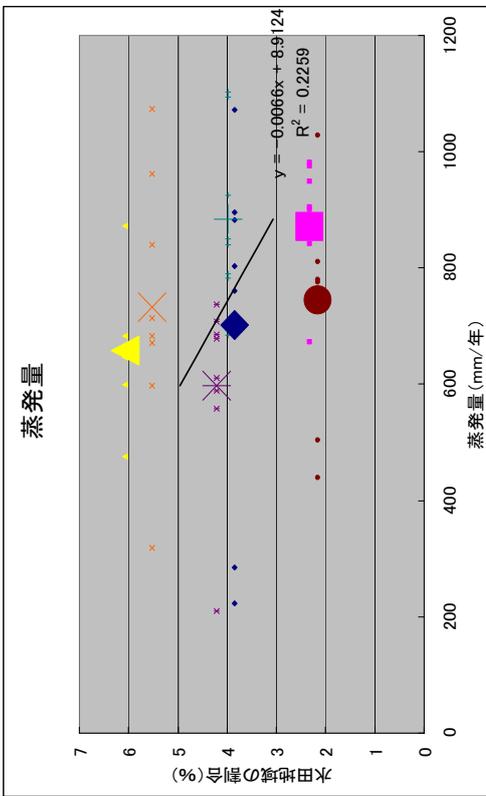


付録図130 霞ヶ浦支流域の市街地域の市街地地域の割合と年積算蒸発量の関係

付録図129 霞ヶ浦支流域の岩盤の割合と年流出率の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

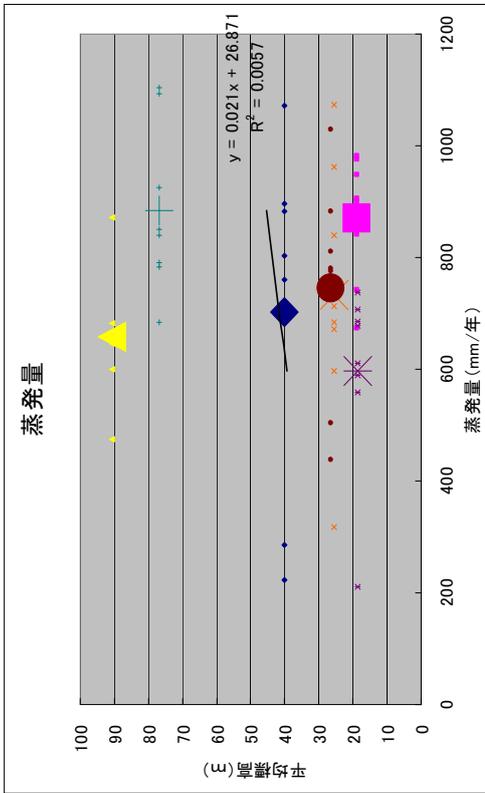
● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 榎川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域



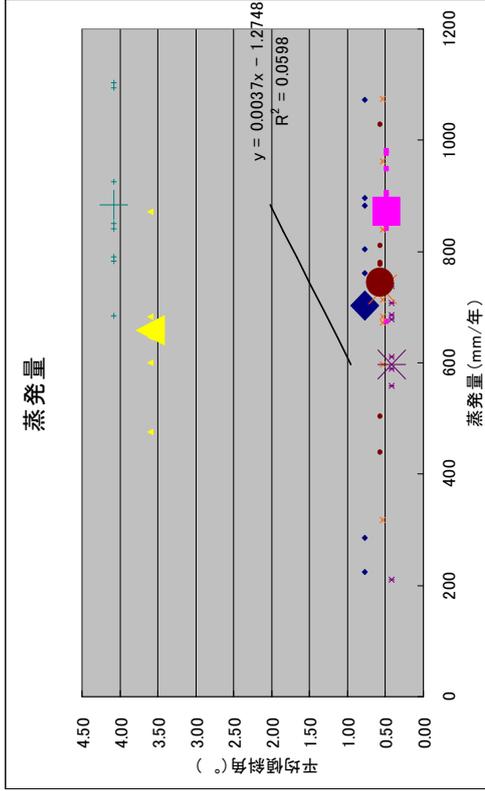
付録図132 霞ヶ浦支流域の水田地域の割合と年積算蒸発量の関係 付録図131 霞ヶ浦支流域の森林地域の割合と年積算蒸発量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域



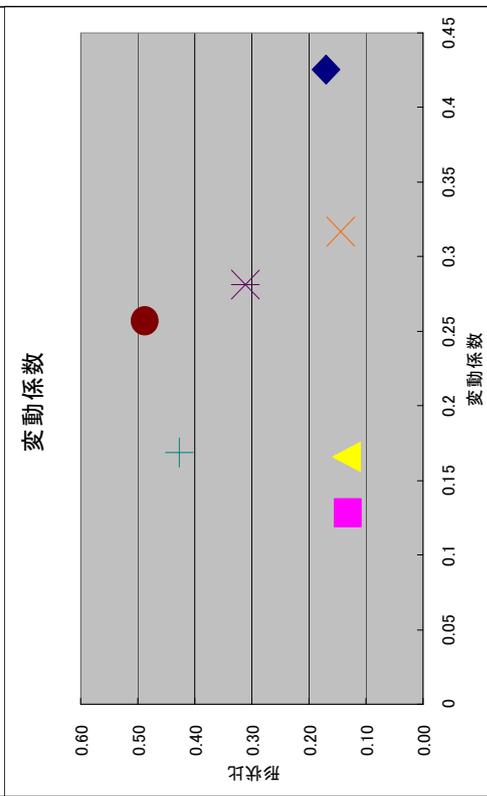
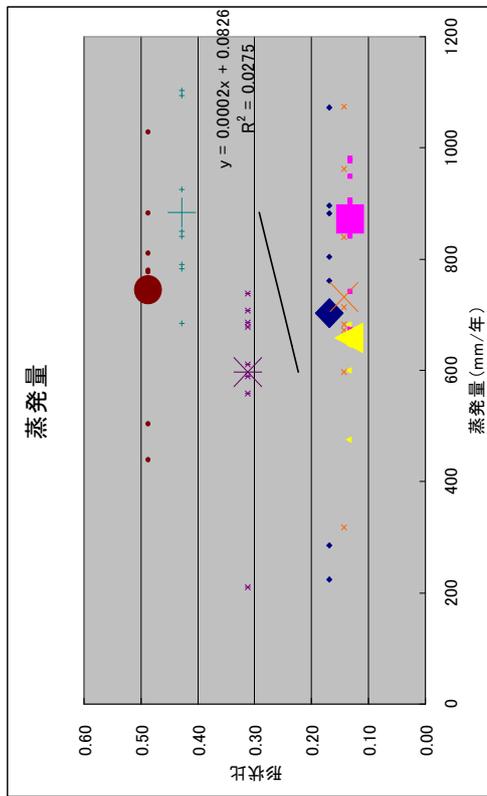
付録図134 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と年積算蒸発量の関係



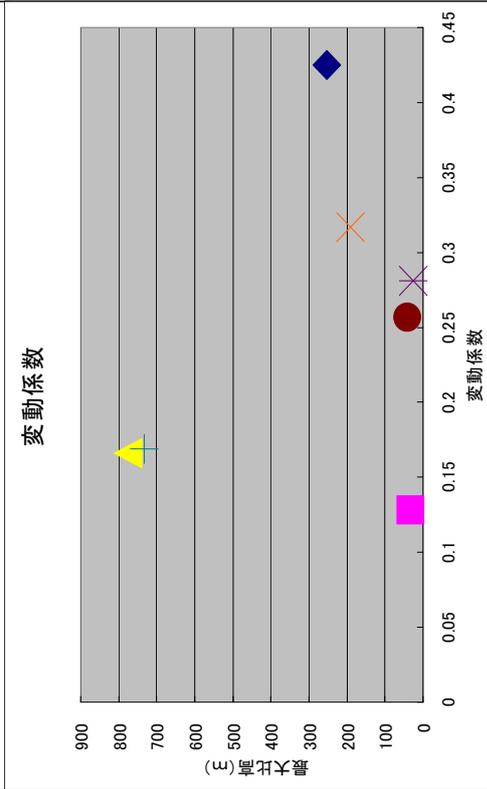
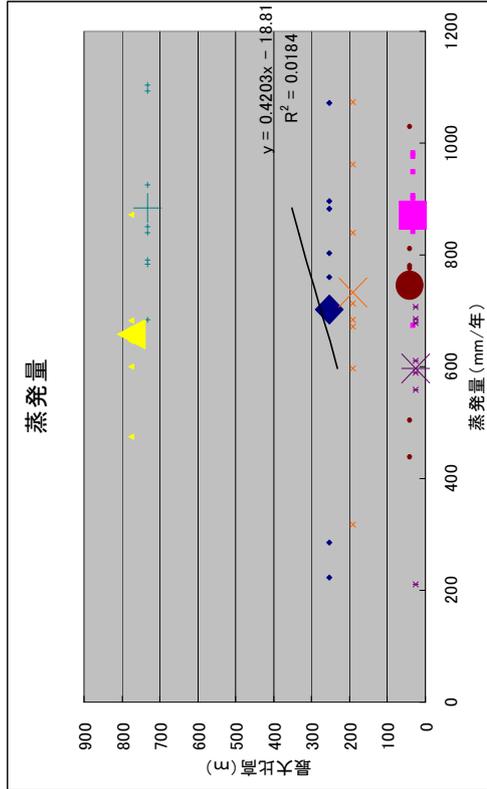
付録図133 霞ヶ浦支流域の平均傾斜角と年積算蒸発量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 × 巴川流域 × 狩田川流域 × 恋瀬川流域



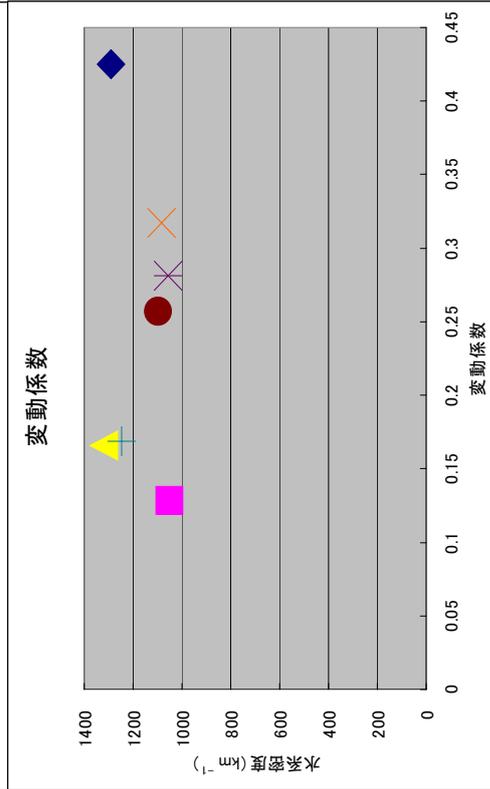
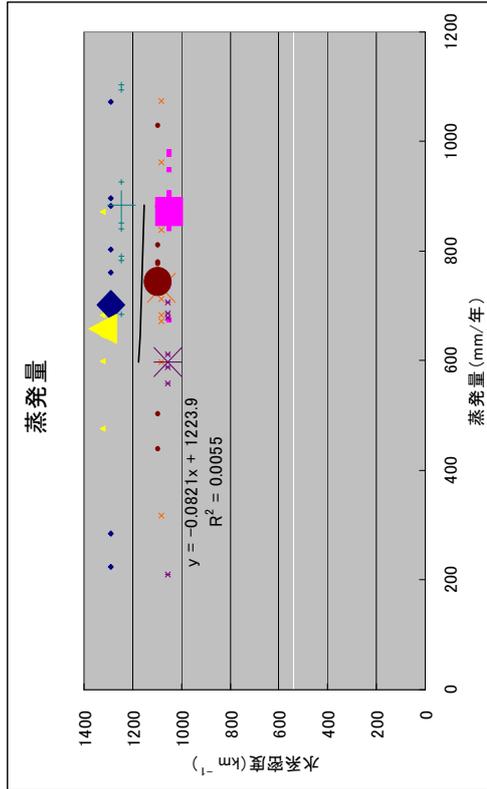
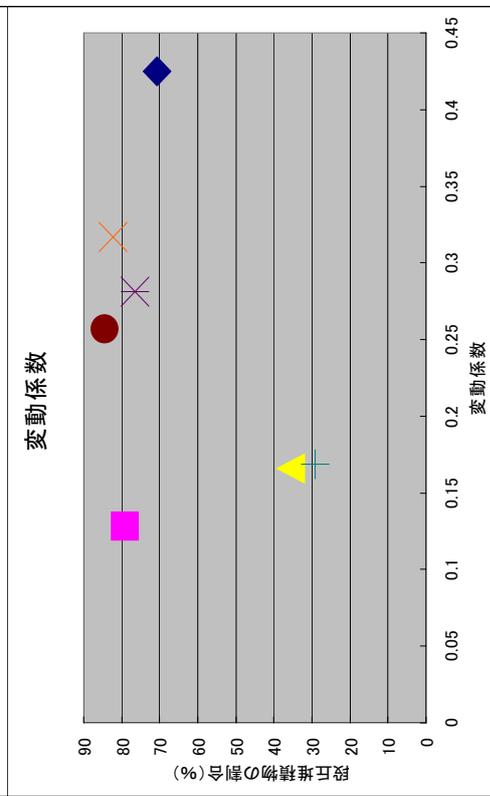
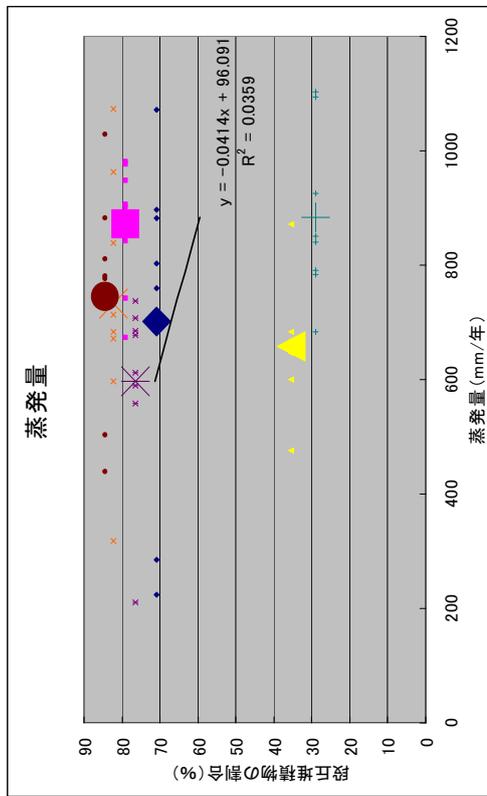
付録図136 霞ヶ浦支流域の形状比と年積算蒸発量の関係



付録図135 霞ヶ浦支流域の最大比高と年積算蒸発量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 椋川流域 ● 巴川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域

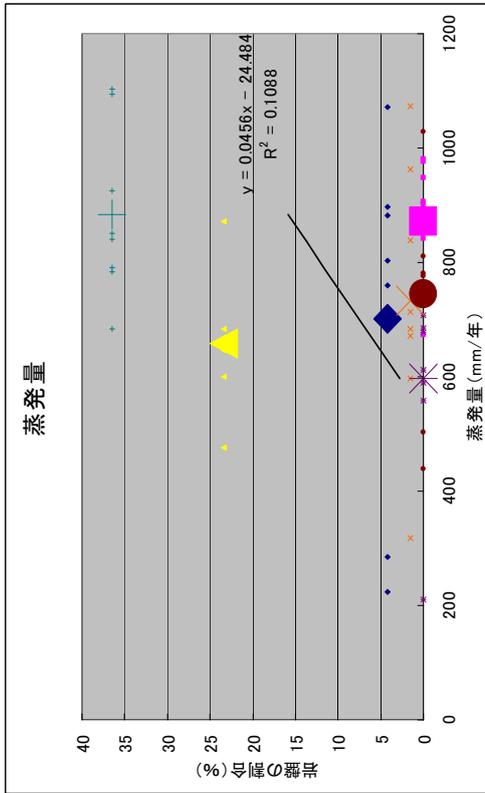


付録図138 霞ヶ浦支流域の段丘堆積物の割合と年積算蒸発量の関係

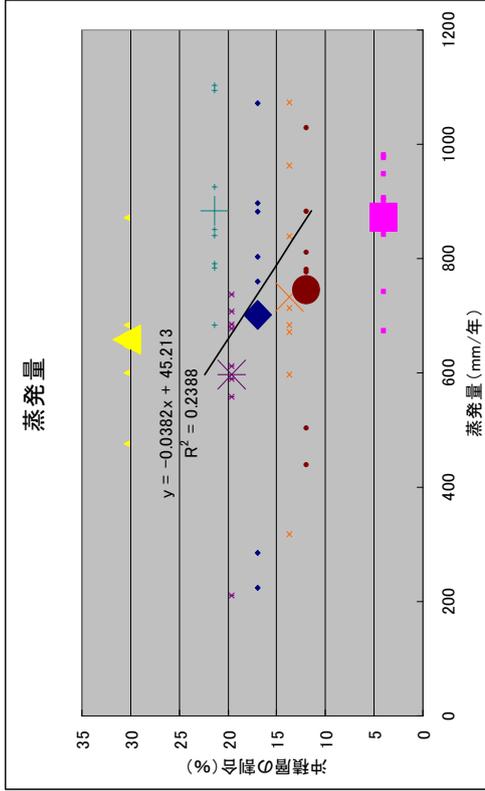
付録図137 霞ヶ浦支流域の水系密度と年積算蒸発量の関係

※小さい記号：各年の値(1998～2005年)、大きい記号：8年平均値

● 園部川流域 ● 小野川流域 ● 榎川流域 ● 清明川流域 ● 狩田川流域 ● 恋瀬川流域
 ○ 巴川流域 × 清明川流域 ● 恋瀬川流域



付録図140 霞ヶ浦支流域の岩盤の割合と年積算蒸発量の関係



付録図139 霞ヶ浦支流域の沖積層の割合と年積算蒸発量の関係