

2. 調査結果

筑後川及び矢部川流域での雨水調査位置は図IV-2 のとおり。また、調査結果を表IV-4 から表IV-7 に示す。

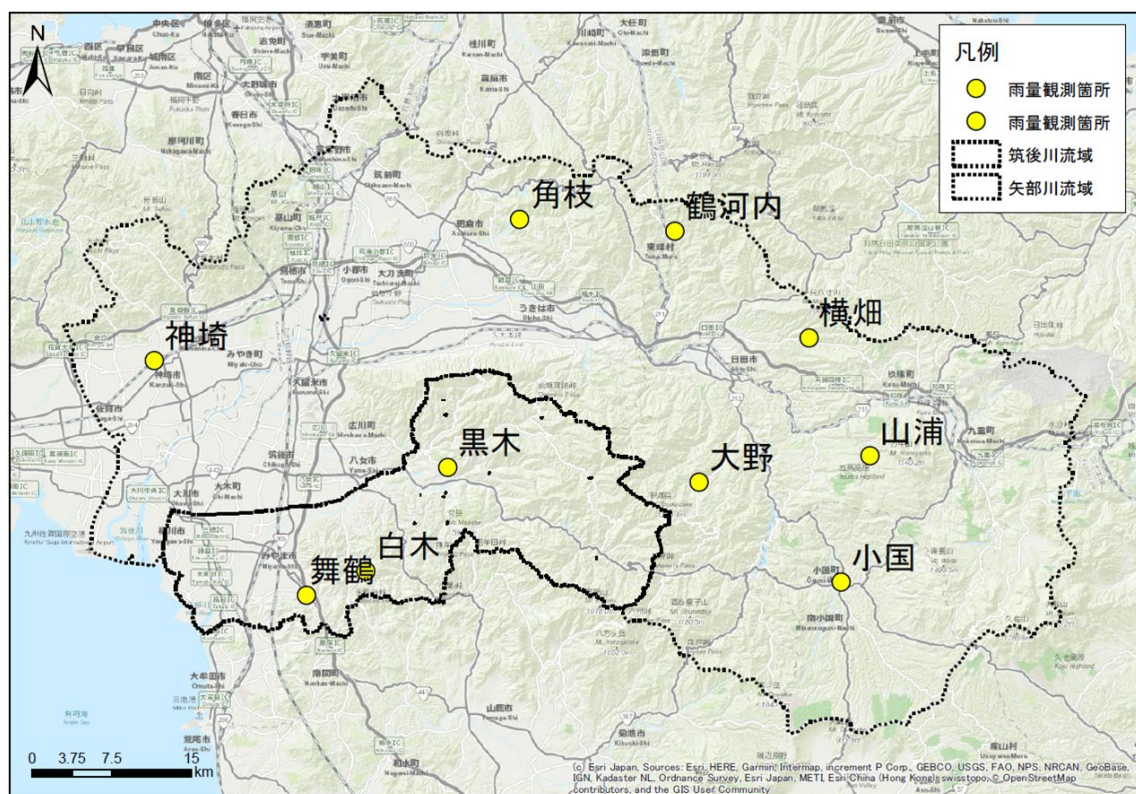


図 IV-2 筑後川及び矢部川流域における雨水調査位置

表 IV-4 雨水調査結果（8月）

単位：mg/L

流域	名称	T-N	O-N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-P	O-P	I-P	SS
		全窒素	有機態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	アンモニウム態窒素	全リン	有機態リン	無機態リン	浮遊物質質量
筑後川	神埼	0.31	0.23	定量下限値未満	0.06	0.02	0.051	0.016	0.035	1
	角枝	0.37	0.1	定量下限値未満	0.18	0.09	0.009	0.009	定量下限値未満	2
	鶴河内	0.68	0.44	定量下限値未満	0.15	0.09	0.036	0.036	定量下限値未満	2
	横畑	0.42	0.15	0.001	0.1	0.17	0.025	0.025	定量下限値未満	2
	山浦									
	大野	0.6	0.16	定量下限値未満	0.11	0.33	0.017	0.017	定量下限値未満	1
	小国	0.36	0.11	定量下限値未満	0.1	0.15	0.015	0.015	定量下限値未満	2
矢部川	舞鶴	0.53	0.34	定量下限値未満	0.11	0.08	0.016	0.016	定量下限値未満	2
	白木									
	黒木	0.38	0.38	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	0.042	0.042	定量下限値未満	3

※ 山浦、白木に関しては、令和2年7月豪雨による影響で未調査

表 IV-5 雨水調査結果（11 月）

単位：mg/L

流域	名称	T-N	O-N	NO2-N	NO3-N	NH4-N	T-P	O-P	I-P	SS
		全窒素	有機態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	全リン	有機態リン	無機態リン	浮遊物質量
筑後川	神埼	0.46	0.39	定量下限値未満	定量下限値未満	0.07	0.02	0.02	定量下限値未満	1
	角枝	0.25	0.02	定量下限値未満	定量下限値未満	0.23	0.006	0.006	定量下限値未満	定量下限値未満
	鶴河 内	0.07	0.06	定量下限値未満	定量下限値未満	0.01	0.009	0.009	定量下限値未満	定量下限値未満
	横畑	0.11	0.1	定量下限値未満	定量下限値未満	0.01	0.007	0.007	定量下限値未満	定量下限値未満
	山浦	0.27	0.11	0.001	0.12	0.04	0.012	0.012	定量下限値未満	1
	大野	0.15	0.08	定量下限値未満	定量下限値未満	0.07	0.011	0.011	定量下限値未満	定量下限値未満
	小国	0.08	0.05	定量下限値未満	定量下限値未満	0.03	0.009	0.009	定量下限値未満	定量下限値未満
矢部川	舞鶴	0.12	0.09	定量下限値未満	0.01	0.02	0.006	0.006	定量下限値未満	定量下限値未満
	白木	0.18	0.14	定量下限値未満	0.01	0.03	0.012	0.012	定量下限値未満	定量下限値未満
	黒木	0.2	0.14	定量下限値未満	定量下限値未満	0.06	0.011	0.011	定量下限値未満	定量下限値未満

表 IV-6 雨水調査結果（1 月）

単位：mg/L

流域	名称	T-N	O-N	NO2-N	NO3-N	NH4-N	T-P	O-P	I-P	SS
		全窒素	有機態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	全リン	有機態リン	無機態リン	浮遊物質量
筑後川	神埼	2.75	0.56	0.016	0.87	1.3	0.123	0.041	0.082	2
	角枝	0.62	0.08	定量下限値未満	0.42	0.12	0.008	0.008	定量下限値未満	定量下限値未満
	鶴河内	0.48	0.06	定量下限値未満	0.37	0.05	0.006	0.006	定量下限値未満	定量下限値未満
	横畑	0.4	0.24	0.001	0.12	0.04	0.016	0.016	定量下限値未満	1
	山浦	0.54	0.13	0.002	0.2	0.21	0.027	0.027	定量下限値未満	2
	大野	1.13	0.47	0.001	0.39	0.27	0.026	0.017	0.009	3
	小国	1.39	0.71	定量下限値未満	0.34	0.34	0.036	0.036	定量下限値未満	23
矢部川	舞鶴	0.68	0.19	定量下限値未満	0.45	0.04	0.021	0.021	定量下限値未満	定量下限値未満
	白木	0.89	0.18	0.5	0.21	0.002	0.016	0.016	定量下限値未満	4
	黒木	1.52	0.62	0.53	0.37	0.002	0.065	0.051	0.014	10

表 IV-7 雨水調査結果（2月）

単位：mg/L

流域	名称	T-N	O-N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-P	O-P	I-P	SS
		全窒素	有機態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	全リン	有機態リン	無機態リン	浮遊物質量
筑後川	神埼	0.56	0.08	0.004	0.41	0.07	0.018	0.018	定量下限値未満	5
	角枝	0.26	0.08	0.001	0.13	0.05	0.012	0.012	定量下限値未満	3
	鶴河内	0.26	0.07	0.001	0.16	0.03	0.01	0.01	定量下限値未満	7
	横畑	0.09	0.08	定量下限値未満	0.01	定量下限値未満	0.007	0.007	定量下限値未満	2
	山浦	0.54	0.13	0.002	0.2	0.21	0.027	0.027	定量下限値未満	2
	大野	0.36	0.02	0.002	0.16	0.18	0.009	0.009	定量下限値未満	定量下限値未満
	小国	0.3	0.07	0.002	0.11	0.12	0.009	0.009	定量下限値未満	2
矢部川	舞鶴	0.34	0.11	0.001	0.14	0.09	0.013	0.013	定量下限値未満	3
	白木	0.22	0.06	0.002	0.1	0.06	0.007	0.007	定量下限値未満	1
	黒木	0.38	0.13	0.002	0.16	0.09	0.021	0.014	0.007	1

筑後川及び矢部川流域での湧水調査位置は図IV-3 のとおり。また、調査結果を表 IV-8 から表IV-11 に示す。

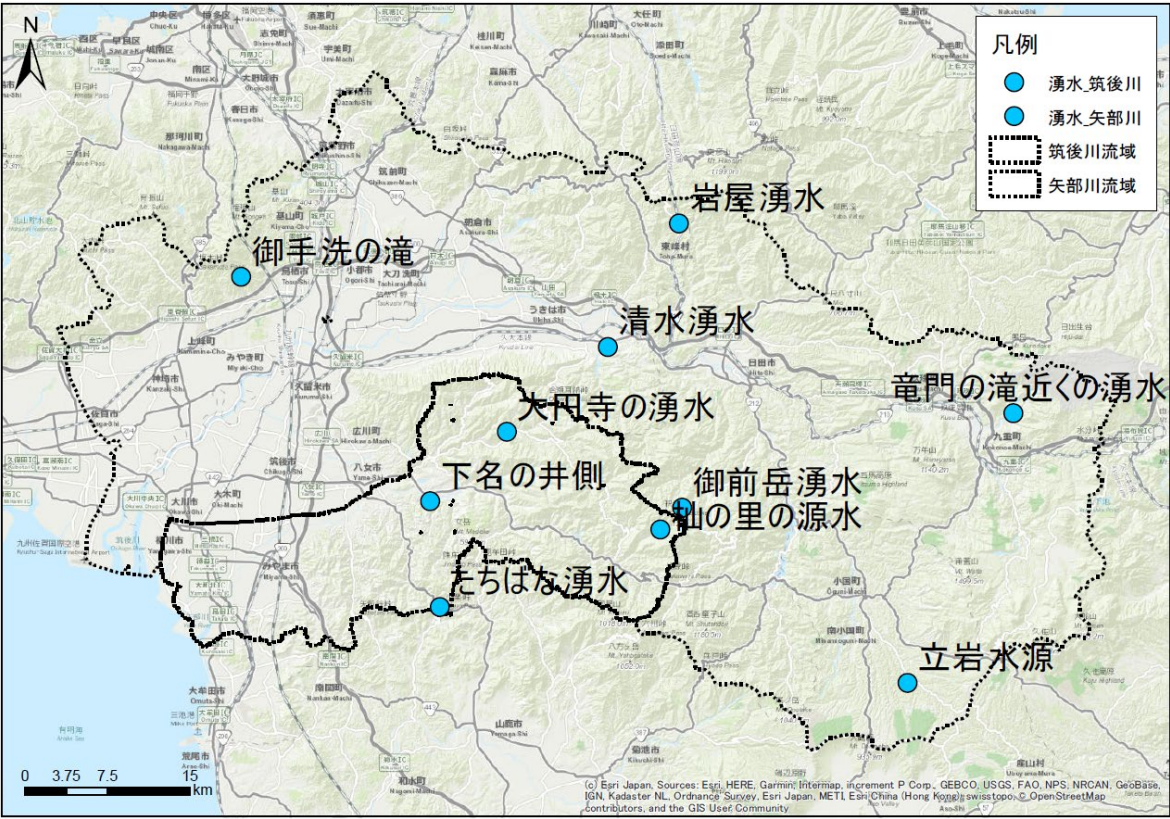


図 IV-3 筑後川及び矢部川流域における湧水調査位置

表 IV-8 湧水調査結果（8月）

単位：mg/L

流域	名称	T-N	O-N	NO2-N	NO3-N	NH4-N	T-P	O-P	I-P	SS
		全窒素	有機態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	全リン	有機態リン	無機態リン	浮遊物質質量
筑後川	立岩水源	0.29	0.05	定量下限値未満	0.22	0.02	0.046	定量下限値未満	0.044	定量下限値未満
	竜門の滝近くの湧水	0.94	0.35	定量下限値未満	0.57	0.02	0.091	0.043	0.048	11
	御手洗の滝	0.37	0.05	定量下限値未満	0.32	定量下限値未満	0.009	0.009	定量下限値未満	定量下限値未満
	清水湧水	0.47	0.06	定量下限値未満	0.41	定量下限値未満	0.039	0.009	0.03	1
	御前岳湧水	0.64	0.07	定量下限値未満	0.55	0.02	0.006	0.006	定量下限値未満	定量下限値未満
	岩屋湧水	0.96	0.06	定量下限値未満	0.89	0.01	0.016	定量下限値未満	0.014	定量下限値未満
矢部川	大円寺の湧水	1.76	0.08	定量下限値未満	1.68	定量下限値未満	0.082	定量下限値未満	0.078	定量下限値未満
	下名の井側	3.52	0.09	定量下限値未満	3.43	定量下限値未満	0.044	定量下限値未満	0.042	定量下限値未満
	たちばな湧水	0.13	0.07	定量下限値未満	0.05	0.01	0.026	定量下限値未満	0.024	定量下限値未満
	山の里の原水	0.3	0.07	定量下限値未満	0.23	定量下限値未満	0.023	定量下限値未満	0.02	定量下限値未満

表 IV-9 湧水調査結果（11 月）

単位：mg/L

流域	名称	T-N	O-N	NO2-N	NO3-N	NH4-N	T-P	O-P	I-P	SS
		全窒素	有機態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	全リン	有機態リン	無機態リン	浮遊物質量
筑後川	立岩水源	0.28	0.03	定量下限値未満	0.25	定量下限値未満	0.046	定量下限値未満	0.044	定量下限値未満
	竜門の滝近くの湧水	0.18	0.03	定量下限値未満	0.14	0.01	0.071	定量下限値未満	0.069	定量下限値未満
	御手洗の滝	0.37	0.03	定量下限値未満	0.34	定量下限値未満	0.021	定量下限値未満	0.018	定量下限値未満
	清水湧水	0.36	0.04	定量下限値未満	0.32	定量下限値未満	0.048	定量下限値未満	0.046	定量下限値未満
	御前岳湧水	0.51	0.03	定量下限値未満	0.48	定量下限値未満	0.011	定量下限値未満	0.009	定量下限値未満
	岩屋湧水	0.82	0.03	定量下限値未満	0.79	定量下限値未満	0.019	定量下限値未満	0.018	定量下限値未満
矢部川	大円寺の湧水	2.76	0.07	0.002	2.67	0.02	0.077	定量下限値未満	0.075	定量下限値未満
	下名の井側	3.36	0.07	定量下限値未満	3.28	0.01	0.051	定量下限値未満	0.05	定量下限値未満
	たちばな湧水	0.1	0.05	定量下限値未満	0.05	定量下限値未満	0.032	定量下限値未満	0.03	定量下限値未満
	杣の里の原水	0.28	0.02	定量下限値未満	0.26	定量下限値未満	0.025	定量下限値未満	0.023	定量下限値未満

表 IV-10 湧水調査結果（1 月）

単位：mg/L

流域	名称	T-N	O-N	NO2-N	NO3-N	NH4-N	T-P	O-P	I-P	SS
		全窒素	有機態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	全リン	有機態リン	無機態リン	浮遊物質量
筑後川	立岩水源	0.34	0.05	定量下限値未満	0.27	0.02	0.045	定量下限値未満	0.044	定量下限値未満
	竜門の滝近くの湧水	0.27	0.06	定量下限値未満	0.21	定量下限値未満	0.06	定量下限値未満	0.059	定量下限値未満
	御手洗の滝	0.4	0.02	0.003	0.36	0.02	0.017	定量下限値未満	0.016	定量下限値未満
	清水湧水	0.34	0.03	0.008	0.28	0.02	0.044	定量下限値未満	0.042	定量下限値未満
	御前岳湧水	0.52	0.02	定量下限値未満	0.48	0.02	0.009	定量下限値未満	0.008	定量下限値未満
	岩屋湧水	0.78	0.03	0.003	0.73	0.02	0.017	定量下限値未満	0.016	定量下限値未満
矢部川	大円寺の湧水※	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	下名の井側	3.6	0.08	定量下限値未満	3.51	0.01	0.045	定量下限値未満	0.043	定量下限値未満
	たちばな湧水	0.09	0.04	定量下限値未満	0.04	0.01	0.026	定量下限値未満	0.025	定量下限値未満
	杣の里の原水	0.3	0.02	0.004	0.24	0.04	0.022	定量下限値未満	0.021	定量下限値未満

※ 水無しにより採水不可

表 IV-11 湧水調査結果（2月）

単位：mg/L

流域	名称	T-N	O-N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-P	O-P	I-P	SS
		全窒素	有機態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	全リン	有機態リン	無機態リン	浮遊物質質量
筑後川	立岩水源	0.32	0.03	定量下限値未満	0.28	0.01	0.045	定量下限値未満	0.043	定量下限値未満
	竜門の滝近くの湧水	0.27	0.01	定量下限値未満	0.23	0.03	0.066	定量下限値未満	0.064	定量下限値未満
	御手洗の滝	0.39	0.03	定量下限値未満	0.34	0.02	0.042	定量下限値未満	0.04	定量下限値未満
	清水湧水	0.34	0.01	0.31	0.02	定量下限値未満	0.046	定量下限値未満	0.045	定量下限値未満
	御前岳湧水	0.54	0.01	定量下限値未満	0.51	0.02	0.008	定量下限値未満	0.006	定量下限値未満
	岩屋湧水	0.76	0.03	定量下限値未満	0.73	定量下限値未満	0.017	定量下限値未満	0.016	定量下限値未満
矢部川	大円寺の湧水	2.2	0.07	0.003	2.1	0.03	0.059	定量下限値未満	0.055	定量下限値未満
	下名の井側	2.93	0.05	定量下限値未満	2.84	0.04	0.045	定量下限値未満	0.044	定量下限値未満
	たちばな湧水	0.08	0.03	定量下限値未満	0.03	0.02	0.021	定量下限値未満	0.02	定量下限値未満
	杣の里の原水	0.27	0.02	定量下限値未満	0.25	定量下限値未満	0.023	定量下限値未満	0.022	定量下限値未満

筑後川及び矢部川流域での土壌調査位置は図IV-4のとおり。また、調査結果を表IV-12に示す。

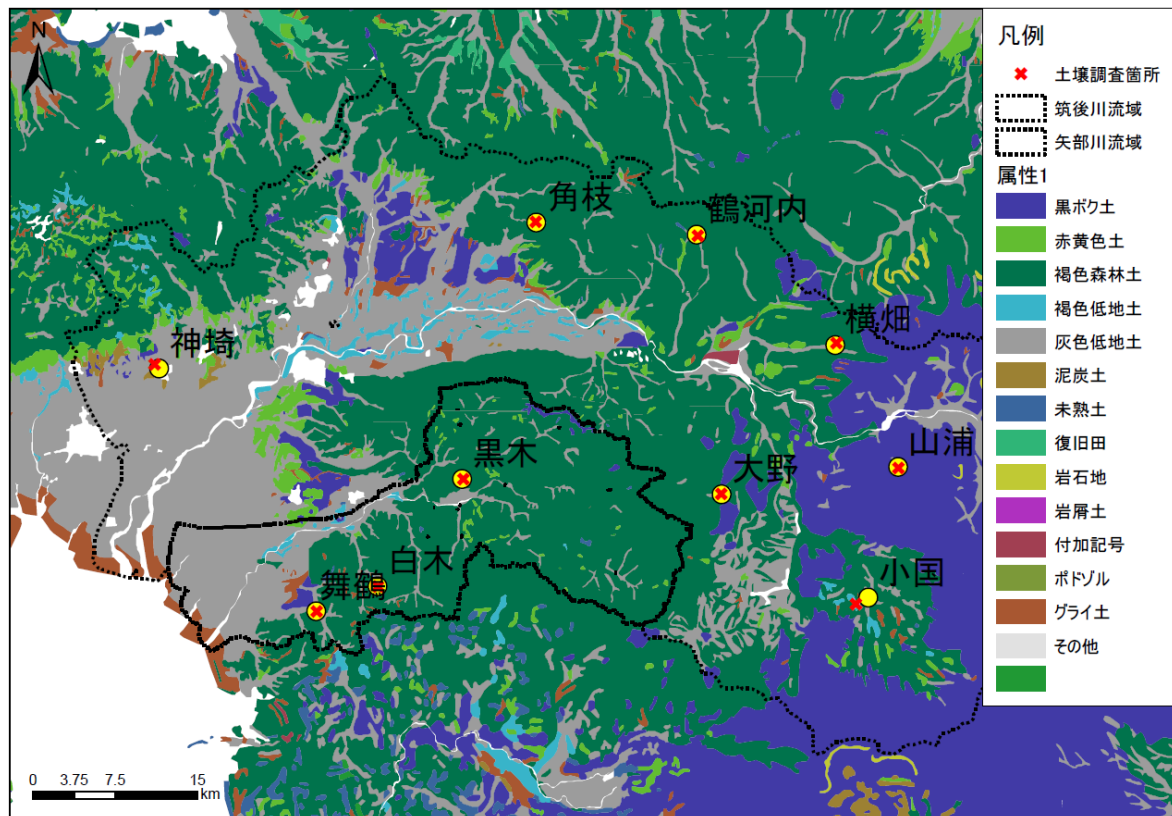


図 IV-4 筑後川及び矢部川流域における土壌調査位置

表 IV-12 土壤調査結果

単位 : mg/L

流域	名称	T-N	O-N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-P	O-P	I-P
		全窒素	有機態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	全リン	有機態リン	無機態リン
筑後川	神埼	1130	1130	定量下限值未満	定量下限值未満	定量下限值未満	1060	720	340
	角枝	3410	3400	定量下限值未満	10	定量下限值未満	400	350	50
	鶴河内	1720	1720	定量下限值未満	定量下限值未満	定量下限值未満	380	320	60
	横畑	1180	1180	定量下限值未満	定量下限值未満	定量下限值未満	160	100	60
	山浦	4180	4180	定量下限值未満	定量下限值未満	定量下限值未満	930	700	230
	大野	1190	1190	定量下限值未満	定量下限值未満	定量下限值未満	370	130	240
	小国	5400	5350	定量下限值未満	50	定量下限值未満	2730	1470	1260
矢部川	舞鶴	1500	1500	定量下限值未満	定量下限值未満	定量下限值未満	860	690	170
	白木	3270	3250	定量下限值未満	20	定量下限值未満	760	660	100
	黒木	3780	3760	定量下限值未満	20	定量下限值未満	760	520	240

菊池川流域での調査位置は図IV-5 のとおり。また、調査結果を表IV-13 に示す。

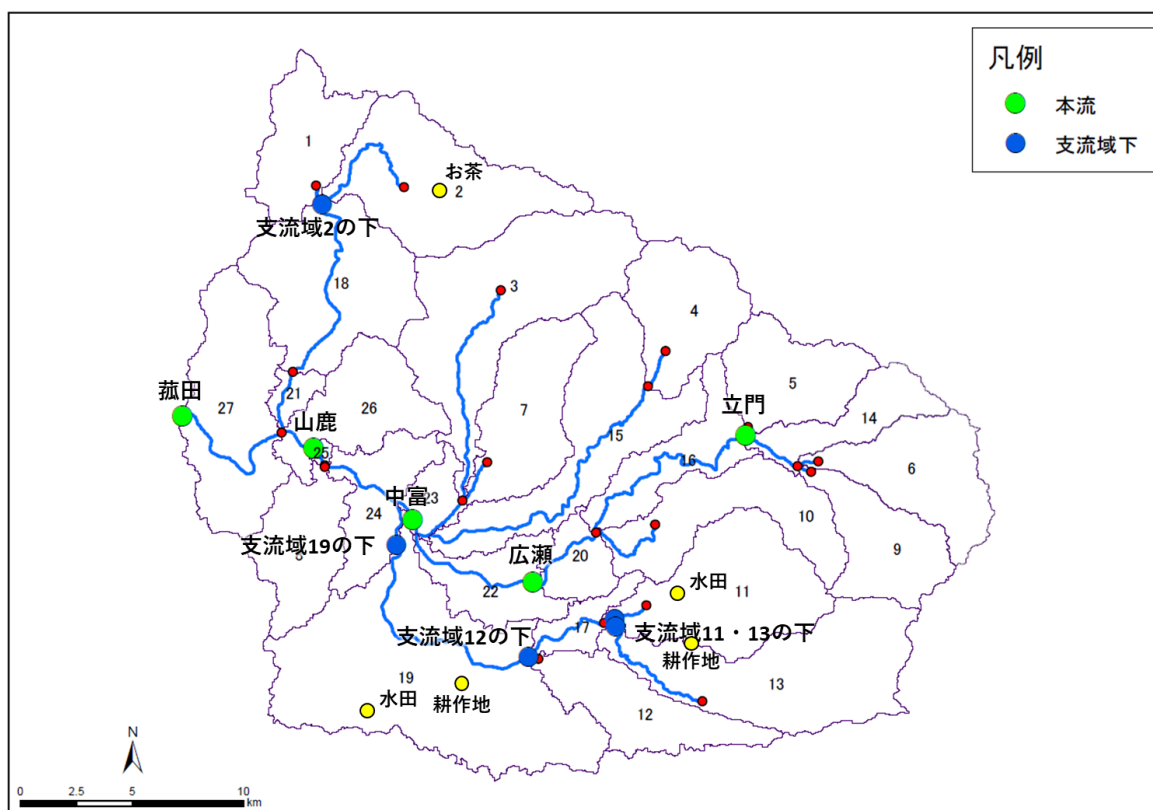


図 IV-5 菊池川流域における調査位置

表 IV-13 菊池川流域調査結果

単位：mg/L

試験項目	単位\試料名	広瀬	山鹿	菰田	立門	中富
T-N	mg/L	1.15	2.33	2.31	0.48	1.75
O-N	mg/L	0.08	0.14	0.14	0.03	0.13
NO3-N	mg/L	0.99	1.90	1.96	0.41	1.48
NH4-N	mg/L	0.07	0.25	0.16	0.04	0.12
NO2-N	mg/L	0.014	0.043	0.046	定量下限値未満	0.015
T-P	mg/L	0.089	0.131	0.139	0.038	0.080
O-P(有機態リン)	mg/L	0.011	0.023	0.025	0.005	0.019
I-P(無機態リン)	mg/L	0.078	0.108	0.114	0.033	0.061
SS	mg/L	2	4	5	定量下限値未満	4

試験項目	お茶	支流域 2 の下	支流域 11 の下	支流域 11 水田	支流域 11 スイカ・キャベツ	支流域 12 の下
T-N	3.07	0.73	1.70	1.46	4.97	1.86
O-N	0.37	0.03	0.13	0.10	1.22	1.76
NO3-N	2.60	0.66	1.44	1.27	2.98	定量下限値未満
NH4-N	0.10	0.04	0.10	0.05	0.65	0.09
NO2-N	0.002	0.002	0.033	0.041	0.122	0.013
T-P	0.045	0.027	0.099	0.091	0.461	0.203
O-P(有機態リン)	0.040	0.005	0.018	0.011	0.147	0.194
I-P(無機態リン)	0.005	0.022	0.081	0.080	0.314	0.009
SS	1	1	2	4	5	6

試験項目	支流域 13 の下	支流域 13 スイカ・キャベツ	支流域 19 の 下	支流域 19 水田	支流域 19 スイカ・キャベツ	定量下限値
T-N	1.22	8.70	3.45	4.56	1.69	0.01
O-N	0.26	0.21	0.28	2.36	0.11	0.01
NO3-N	0.71	8.43	2.87	1.97	1.50	0.01
NH4-N	0.23	0.05	0.22	0.11	0.08	0.01
NO2-N	0.017	0.006	0.079	0.124	0.003	0.001
T-P	0.134	0.056	0.248	0.722	0.040	0.005
O-P(有機態リン)	0.043	0.019	0.048	0.453	0.009	0.005
I-P(無機態リン)	0.091	0.037	0.200	0.269	0.031	0.005
SS	7	3	6	10	1	1

V. 筑後川、矢部川 SWAT モデルの構築

1. SWAT モデルの概要

(H30 報告書より再掲)

SWAT モデルとは、アメリカ農務省農業研究局 (USDAARS) によって開発された準分布型流出モデルである。特に農業流域の水、土砂、物質の移動を解析することに主眼を置いて開発されたモデルであり、Wellen et al. (2015)¹ によれば、1992 年から 2010 年の間に流域の栄養塩循環を扱ったモデルとして最も多く使われたモデルとされている。また、SWAT モデルのコードは公開されており、必要に応じて改良することが可能である。

SWAT モデルの長所として以下の点が挙げられる。

- 入手が容易な公表データを利用できる
- 大きな流域であっても比較的短期間に計算することができる (計算効率がよい)
- 解析スケールを任意に設定することが可能 (流域レベル～小流域レベル)
- 実測データが無い流域でも予測可能
- 実測値を得ることが難しいパラメータについてキャリブレーションにより適切な値を推定できる
- 水、土砂の移動、作物の成長、栄養塩の循環などに関連するプロセスは物理法則に基づいてモデル化されている
- 長期的な予測が可能 (気候変動などのシナリオにも対応可能)
- GIS ソフトとの親和性が高い (ArcGIS や QGIS 上で操作可能)
- ユーザーが多く、豊富な資料やユーザーグループを通した問題解決が可能

一方、SWAT モデルの短所としては以下の点が挙げられる。

- 地下水の流れについてはシンプルなモデルしか実装されていない
- 農業地域は高い精度で推定可能だが、人為活動が複雑な都市域は推定が困難
- 森林地域ではほとんど解析事例がないため、試行錯誤的に進める必要がある

なお、地下水部分について、SWAT モデルのみで十分なシミュレーションができないと判断された場合は、SWAT と親和性が高い地下水解析ソフト MODFLOWなどを活用することも検討されたが、SWAT 既存のパラメータ調整により、一定程度のアウトプットが得られることが見込まれたため、他ソフトを補完的に使用するには至らなかった。

森林地域での解析事例がほとんどない点については、委員をはじめとする有識者の意見を参考にし、妥当なモデル構築となるよう留意した。

本事業にて構築した SWAT モデルは、QGIS のプラグインとして操作できる QSWAT3 (Ver. 1.1.1) を主に使用し、その他作業に応じて SWAT2016 (REV.681), SWATEditor 2012.10_7.23,

¹ Wellen, Christopher, Ahmad-Reza Kamran-Disfani, and George B. Arhonditsis. "Evaluation of the current state of distributed watershed nutrient water quality modeling." *Environmental science & technology* 49.6 (2015): 3278-3290.

SWAT-CUP 2019 version 5.2.1.1 のソフトウェアを利用した。これらはいずれも SWAT のホームページ (<https://swat.tamu.edu/>) から入手できる。

2. SWAT モデルの作業フロー

(H30 報告書より再掲)

モデル構築の手順は、モデル設計、キャリブレーション (校正)、検証 (バリデーション)、予測・評価及び新たな知見の蓄積による事後評価となっている。以下にモデル構築における各ステップをフロー図に示す。

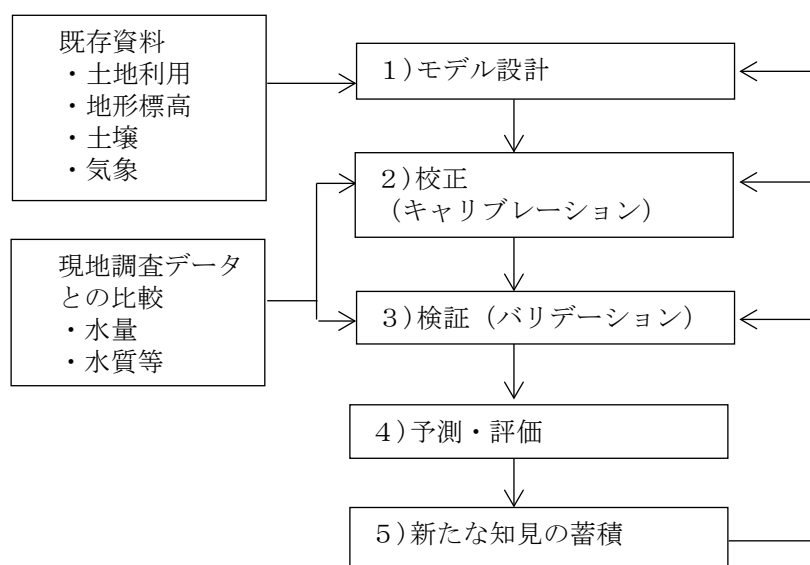


図 V-1 モデル構築における各ステップのフロー

3. 菊池川モデルの他流域への適用

令和元年度に検討した今後のモデル構築計画では、令和2年度以降、2年程度をかけて、有明海及び八代海に注ぐ全9つの一級河川のうち、すでに評価モデルを構築済みの菊池川流域以外の8流域について新たにSWATモデルを用いて評価モデルを構築していく予定としていた。その中で、今年度は筑後川と球磨川をモデル構築対象の流域としていたが、前述Ⅲに記載のとおり、2020年7月4日に球磨川流域で発生した豪雨災害により、現地へのアクセスが困難となったことから、球磨川流域は今年度の対象流域から外し、代替として、矢部川流域を対象とすることとした。