

JNC TN7450 2005-004

超深地層研究所計画における
表層水理観測年報
— 2001～2003 年度(データ集) —

2005 年 2 月

核燃料サイクル開発機構

東濃地科学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ下さい。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

電話：029-282-1122

ファックス：029-282-7980

電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

©核燃料サイクル開発機構

(Japan Nuclear Cycle Development Institute)

2004

超深地層研究所計画における表層水理観測年報

－2001～2003年度（データ集）－

荒井 靖*

要旨

東濃地科学センターでは、超深地層研究所計画の一環として、地下水流動解析における上部境界条件を与える岩盤浸透量を水収支法で算出すること、及び水理地質構造モデルのキャリブレーションに必要なデータを取得することを目的として、表層水理観測を実施している。

本観測では降水量、蒸発散量算出のための気象要素、河川流量、地下水位および土壌水分を正馬川流域、正馬川モデル流域で観測している。

本年報では、2001～2003年度までの正馬川流域、正馬川モデル流域で得られた河川流量、降水量、気象観測データなどについて欠測や異常値を示すデータに対して、補正・補完を行うとともに、補正・補完前後のデータをデータ集として取りまとめたものである。

データ集については、補正・補完前の回収データを「観測データセット」、補正・補完後のデータを「補正・補完データセット」としてとりまとめ、CD-ROM化した。

February, 2005

Annual Data Compilation of the Water Balance Observation
in the Mizunami Underground Research Laboratory Project (MIU Project)
- from the Fiscal Year 2001 to 2003 -

Kiyoshi Arai*

Abstract

At the Tono Geoscience Center, the subsurface water balance observation has been carried out in order to estimate groundwater recharge rate for setting the upper boundary conditions on groundwater flow simulation and to obtain data for the calibration of the hydrogeological model.

In the water balance observation rain fall, meteorological data for the estimation of evapotranspiration, river flow rate, groundwater table and soil moisture have been observed in the Shoba river area and the Shoba river model area.

After missed data and data error in the monitoring data from the fiscal year 2001 to 2003 were complemented or corrected, the data was compiled in data set.

Both of the observation raw data and completed data are included in the data set, and the data set is recorded on CD-ROM.

*Underground Research Group Mizunami Underground Research Laboratory
Tono Geoscience Center

目次

1. はじめに	1
2. 概要	2
2.1 目的	2
2.2 観測機器の仕様と諸元	2
3. 補正・補完	7
3.1 補正・補完の定義	7
3.2 補正・補完の方法	8
3.3 補完式の設定	12
4. 結果	16
4.1 降水量	16
4.2 蒸発散量	17
4.3 河川流量	18
4.4 地下水位	20
4.5 岩盤浸透量の算出	21
5. 観測データ集	22
5.1 観測データ集の作成方法	22
5.2 電子ファイルの様式	23
5.3 フォルダ構造	26
6. まとめ	28
7. おわりに	28
参考文献	29

記録 (CD-ROM)

- 2001 年度版 observed data set (超深地層研究所計画編)
- 2001 年度版 completed data set (超深地層研究所計画編)
- 2002 年度版 observed data set (超深地層研究所計画編)
- 2002 年度版 completed data set (超深地層研究所計画編)
- 2003 年度版 observed data set (超深地層研究所計画編)
- 2003 年度版 completed data set (超深地層研究所計画編)

図の目次

図 2.1	観測地点位置図	3
図 3.1(1)	タンクモデルの諸元（正馬川流域）	13
図 3.1(2)	タンクモデルの諸元（正馬川上流域）	14
図 3.1(3)	タンクモデルの諸元（正馬川モデル流域）	15
図 4.1	流域別降水量	16
図 4.2	正馬川モデル流域の蒸発散量	17
図 4.3	流域別河川流量	18
図 4.4	流域別河川流出高	19
図 4.5	地下水位変動図	20
図 5.1	データの処理方法	22
図 5.2	観測データセットの記録例	23
図 5.3	補正・補完データセット記録例	24
図 5.4	補正・補完データセット月報記録例	25

表の目次

表 2.1	観測項目一覧表	4
表 2.2	表層水理観測機器の仕様と諸元(1) 気象観測装置	5
表 2.2	表層水理観測機器の仕様と諸元(2) 雨雪量計	5
表 2.2	表層水理観測機器の仕様と諸元(3) 河川流量計	6
表 2.2	表層水理観測機器の仕様と諸元(4) 地下水位計	6
表 2.2	表層水理観測機器の仕様と諸元(5) 土壌水分計	6
表 3.1	水位補正期間とその値	9
表 3.2	観測項目の相関性・計算再現性と補完の有効性	11
表 3.3	各観測地点における相関係数と相関式(気象観測装置)	12
表 3.4	正馬川上流域河川流量計 SPU 流量の相関式と相関係数	14
表 4.1	流域別降水量	16
表 4.2	正馬川モデル流域の蒸発散量	17
表 4.3	流域別河川流量	18
表 4.4	流域別河川流出高	19
表 4.5	水収支解析結果	21
表 4.6	水収支解析に使用した雨量・河川流出高・蒸発散量	21

1. はじめに

東濃地科学センター（以下、TGC という）では、超深地層研究所計画の一環として、地下水流動解析において上部境界条件を与える岩盤浸透量を水収支法で算出すること、及び水理地質構造モデルのキャリブレーションに必要なデータを取得することを目的として、表層水理観測システムを観測流域に設置し、表層水理観測を実施している。

1)～2)

表層水理観測データには、降水量データ、河川流量データ、地下水位観測データ、土壌水分観測データおよび蒸発散量算出のための気象観測データがあり、これらのデータを使用し、水収支法により岩盤浸透量を算出している。

水収支法による岩盤浸透量の算出に当たっては、表層水理観測データの補正・補完が必要であり、これを適切に行うことが重要となる。

表層水理観測データの整理手法としては、1989～2000 年度の表層水理観測年報³⁾（以下、観測年報という）において補正・補完方法が整理されている。

本年報は、観測年報の補正・補完方法に基づき、2001～2003 年度の正馬川流域および正馬川モデル流域の表層水理観測データについて、補正・補完の作業を行い、データ集を作成するとともに、水収支法により 2001～2003 年度の岩盤浸透量を算出した。また、観測データを「観測データセット」および「補正・補完データセット」として整理し、データの取り扱いや利用の簡便性の向上を図るため、CD-ROM 化を行った。

2. 概要

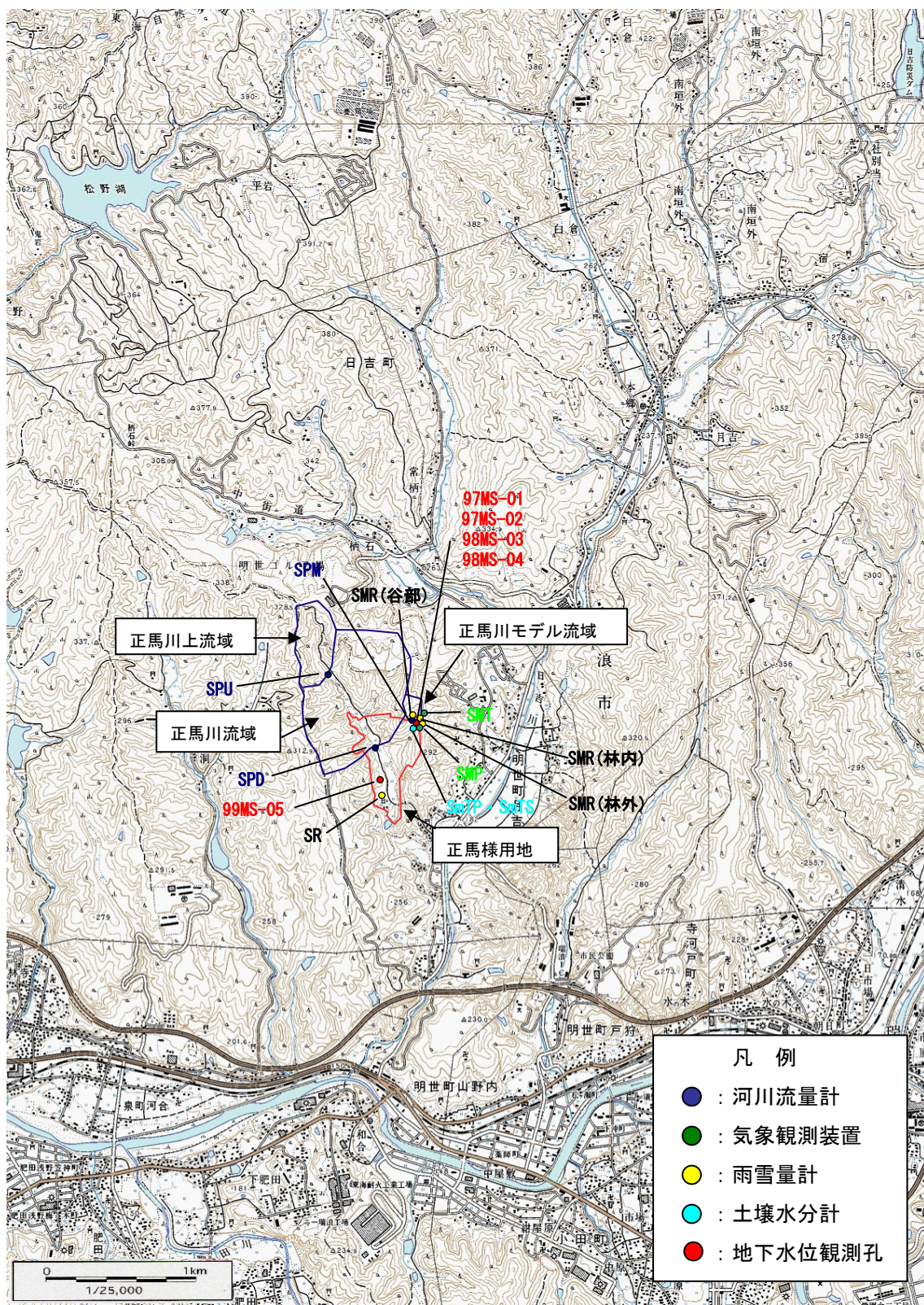
2. 1 目的

本年報では、2001～2003年度の河川流量、降水量、気象観測データ等の表層水理観測データについて、観測年報³⁾の補正・補完方法に基づき、補正・補完等の作業を行い、データ集を作成することを目的とする。また、データの補正・補完等を行ったデータを用いて、水収支法により2001～2003年度の岩盤浸透量を算出する。

2. 2 観測機器の仕様と緒元

表層水理観測機器は、観測地点や観測地点の気象条件の観点から、気象観測機器、雨雪量計、河川流量計、地下水位計および土壤水分計を用いている。

観測機器の位置図を図-2.1、観測項目一覧表を表-2.1、表層水理観測機器の仕様と諸元を表-2.2～2.6に示す。



国土地理院発行 1/25,000 地形図「土岐」使用

図 2.1 観測地点位置図（図中の地点名称は表-2.1 を参照）

表 2.1 観測項目一覧表

	設置流域名	観測装置の名称 ()内は図2.1における記号	蒸発散量	雨雪量	河川流量	地下水位	土壌水分	備考 (対象地質他)	
超深地層研究所計画における表層水理観測	正馬川流域	正馬様気象観測装置 (SM)	●						
		正馬様コミュニティー雨雪量計 (SR)		●					
		正馬川下流河川流量計 (SPD)				●			
		正馬川上流河川流量計 (SPU)				●			
		99MS-05					●	瑞浪層群明世界層基底礫岩層	
	正馬川モデル流域	正馬川モデル流域タワー (SMT)	●×2					風向風速計、気温計、湿度(露点)計 上部、下部に設置	
		正馬川モデル流域ポール (SMP)	●						
		正馬川モデル流域林内雨雪量計 (SMR林内)			●				
		正馬川モデル流域林外雨雪量計 (SMR林外)			●				
		正馬川モデル流域谷部雨雪量計 (SMR谷部)			●				
		正馬川モデル流域河川流量計 (SPM)				●			
		97MS-01					●	瑞浪層群明世界層	
		97MS-02					●	瀬戸層群土岐砂礫層	
		98MS-03					●	瑞浪層群明世界層	
		98MS-04					●	瀬戸層群土岐砂礫層	
		SmTP						●	
		SmTS						●	

表 2.2 表層水理観測機器の仕様と緒元(1) 気象観測装置

観測点名	地点標高(m)	観測機器名	製造元	型式	地上高(m)	地上高の基準	観測項目	測定範囲	記録範囲	センサー測定誤差	ロガー記録誤差	測定条件	備考
正馬様気象観測装置 SM	216.51	風車型風向風速計	榊池田計器製作所	KE-500P	5.500	プロベラ中央	10分平均風向	0~360°	0~540°	±5%以内(風速2m/sの時)	同左		
							10分平均風速	0~70m/s	2~60m/s	±0.5m/s以内(風速2~10m/s以内)±5%以内(風速10m/s以上)	同左		
		気温計	榊池田計器製作所	PT-100S	1.500	センサー中央	10分平均気温	-20~+40°	-20~+40°	JIS A級(±0.5°C)	±0.5°		
	湿度計	榊池田計器製作所	HM-100S	2.150	センサー中央	10分平均相対湿度	0~100%	0~100%	フルスケール(F.S.)の±5%	同左	0~40°C		
	216.16	蒸発計(蒸発パン)	榊池田計器製作所	EVP-100、LR-100S-P	0.350	受水口	水面蒸発量	0~1000mm	0~1000mm	±1mm	同左		
正馬川モデル流域タワー SMT	290.60	風向風速計(上部)	横河電子機器株	A7401-20-00	18.000	プロベラ中央	10分平均風向	0~360°	0~540°	±3°	同左	-20~+50°C	
							10分平均風速	0.4~90m/s	0~20m/s	5m/s以下のとき±0.3m/s、5m/sを越えたとき±5%	同左		
		気温計(上部)	横河電子機器株	E-734-00	18.000	センサー中央	10分平均気温	-50~+50°	-50~+50°	JIS A級(JIS C1604-1989)	±0.5°C		
		露点計(上部)	横河電子機器株	E-771-11	18.000	センサー中央	10分平均相対湿度	-40~+60°C	0~100%	±0.5%F.S.	±5%		
		放射収支計	横河電子機器株	H-221	17.500	センサー面	瞬間純放射量	-0.4~1.6kw/m ²	-0.4~1.6kw/m ²	±5%	フルスケール(F.S.)の±0.5%	-10~+40°C	
							日積算純放射量	-1~4MJ/m ²	-1~4MJ/m ²	±5%	フルスケール(F.S.)の±0.5%		
		風向風速計(下部)	横河電子機器株	A7401-20-00	15.500	プロベラ中央	10分平均風向	0~360°	0~540°	±3°	同左		
							10分平均風速	0.4~90m/s	0~20m/s	5m/s以下のとき±0.3m/s、5m/sを越えたとき±5%	同左		
気温計(下部)	横河電子機器株	E-734-00	15.500	センサー中央	10分平均気温	-50~+50°	-50~+50°	JIS A級(JIS C1604-1989)	±0.5°C				
露点計(下部)	横河電子機器株	E-771-11	15.500	センサー中央	10分平均相対湿度	-40~+60°C	0~100%	±0.5%F.S.	±5%				
熱流計	横河電子機器株	H-271	-0.200	センサー面	地中熱流量	-0.4~1.6kw/m ²	-0.4~1.6kw/m ²	±5%	同左	-20~+120°C			
正馬川モデル流域ポール SMP	291.72	風向風速計	横河電子機器株	A7401-20-00	6.000	プロベラ中央	10分平均風向	0~360°	0~540°	±3°	同左	-20~+50°C	
							10分平均風速	0.4~90m/s	0~20m/s	5m/s以下のとき±0.3m/s、5m/sを越えたとき±5%	同左		
		全天電気式日射計	横河電子機器株	H-2122	4.600	センサー面	瞬間日射量	0~1.4kw/m ²	0~2kw/m ²	±5%	フルスケール(F.S.)の±0.5%		
							日積算日射量	-	0~5MJ/m ²	-	フルスケール(F.S.)の±0.5%		
		放射収支計	横河電子機器株	H-221	17.500	センサー面	瞬間純放射量	-0.4~1.6kw/m ²	-0.4~1.6kw/m ²	±5%	フルスケール(F.S.)の±0.5%	-10~+40°C	
							日積算純放射量	-1~4MJ/m ²	-1~4MJ/m ²	±5%	フルスケール(F.S.)の±0.5%		
	気温計	横河電子機器株	E-734-00	9.100	センサー中央	10分平均気温	-50~+50°	-50~+50°	JIS A級(JIS C1604-1989)	±0.5°C			
露点計	横河電子機器株	E-771-11	1.800	センサー中央	10分平均相対湿度	-40~+60°C	0~100%	±0.5%F.S.	±5%				
291.43	蒸発計(蒸発パン)	横河電子機器株	D-211	0.470	上縁	水面蒸発量	0~100mm	0~100mm	±1mm	同左			

表 2.3 表層水理観測機器の仕様と緒元(2) 雨雪量計

観測点名	地点標高(m)	観測機器名	製造元	型式	地上高(m)	地上高の基準	観測項目	測定範囲	記録範囲	センサー測定誤差	ロガー記録誤差	測定条件	備考
正馬様コミュニティー雨雪量計(SR)	216.51	転倒ます型雨雪量計	榊池田計器製作所	RH-5	0.985	受水口	降水量			±3%	同左		
正馬川モデル流域林内雨雪量計(SMR林内)	291.02	いつ水式転倒ます式雨量計	横河電子機器株	B-071-00	2.485	受水口	降水量	-	0~29999mm	20mm以下のとき±0.5mm以内、100mm以下の連続した雨量のとき±3%	同左		
正馬川モデル流域林外雨雪量計(SMR林外)	292.19	いつ水式転倒ます式雨量計	横河電子機器株	B-071-00	2.475	受水口	降水量	-	20mm以下のとき±0.5mm以内、100mm以下の連続した雨量のとき±3%	20mm以下のとき±0.5mm以内、100mm以下の連続した雨量のとき±3%	同左		
正馬川モデル流域谷部雨雪量計(SMR谷部)	264.84	いつ水式転倒ます式雨量計	横河電子機器株	B-071-00	0.445	受水口	降水量	-	20mm以下のとき±0.5mm以内、100mm以下の連続した雨量のとき±3%	20mm以下のとき±0.5mm以内、100mm以下の連続した雨量のとき±3%	同左		

表 2.4 表層水理観測機器の仕様と緒元 (3) 河川流量計

観測点名	流域面積 (km ²)	地点標高 (m)	観測機器名	製造元	型式	水位計型式	取水口高さ (mm)	観測項目	パーシャル天端高さ (mm)	水位計測定範囲	センサー 測定誤差	流量換算式 (Q: l/min)	測定条件	備考
正馬川下流河川流量計SPD	0.535	221.00	1.5φパーシャルフロウム	株式会社 藤池田計器製作所	PF-15型	LR-101WPS-P	15	測水井戸水位:H(mm)	740	0~1m	±1mm	$Q=1.541 \times H^{1.538}$	-10~50℃	
			2φパーシャルフロウム	株式会社 藤池田計器製作所	PF-2型	LR-101WPS-P	11	測水井戸水位:H(mm)	232	0~1m	±1mm	$Q=0.096 \times 60 \times (H/10)^{1.55}$	-10~50℃	
正馬川上流河川流量計SPU	0.155	253.00	9φパーシャルフロウム	株式会社 藤池田計器製作所	PF-9型	LR-101WPS-P	15	測水井戸水位:H(mm)	652	0~1m	±1mm	$Q=0.466 \times 60 \times (H/10)^{1.53}$	-10~50℃	
			11φパーシャルフロウム	株式会社 藤池田計器製作所	PF-1型	LR-101WPS-P	2	測水井戸水位:H(mm)	232	0~1m	±1mm	$Q=2.88 \times (H/10)^{1.55}$	-10~50℃	
正馬川モデル流域河川流量計SPM	0.015	261.83	9φパーシャルフロウム	横河電子機器株式会社		W-4481-11-00	6	測水井戸水位:H(mm)	645	0~1m	±2mm	$Q=0.825 \times H^{1.53}$	-5~40℃	
		261.50	11φパーシャルフロウム	横河電子機器株式会社		W-4481-11-00	8	測水井戸水位:H(mm)	230	0~1m	±2mm	$Q=0.0809 \times H^{1.55}$	-5~40℃	
		-	電磁流量計	株式会社 欄日立製作所	FMR104W	-	-	河川流量計(l/s)	-	-	0.1~0.3m/秒の時、スパンの±1% 0.3~1.0m/秒の時、スパンの	-	-20~60℃	

表 2.5 表層水理観測機器の仕様と諸元 (4) 地下水位計

設置流域等	観測点名	地点標高 (m)	観測機器名	製造元	型式	測定範囲 (m)	センサー測定誤差	管頭標高 (m)	井戸底深度 (G.L.-m)	掘削孔径 (mm)	井戸孔径 (mm)	ストレーナ上部深度 (G.L.-m)	ストレーナ区間長 (m)	観測対象地層名	備考
正馬川モデル流域	97MS-01	292.80	大気開放型地下水位計	株式会社 藤池田計器製作所	ELP-120	0~10	±1cm	293.05	20.00	116(86)	50	18.00	2	瑞浪層群明世累層	
	97MS-02	292.97	大気開放型地下水位計	株式会社 藤池田計器製作所	ELP-120	0~10	±1cm	293.12	17.00	116	50	15.30	1.5	瀬戸層群土岐砂礫層	
	98MS-03	292.15	大気開放型地下水位計	横河電子機器株式会社	W-431-00	0~10	±1cm	292.25	30.00	116(86)	50	28.00	2	瑞浪層群明世累層	
	98MS-04	285.21	大気開放型地下水位計	横河電子機器株式会社	W-431-00	0~10	±1cm	285.21	9.00	116	50	7.15	1.5	瀬戸層群土岐砂礫層	
正馬様用地内	99MS-05	220.81	大気開放型地下水位計	横河電子機器株式会社	W-431-00	0~10	±1cm	222.31	45.00	116(86)	50	28.85	5.55	瑞浪層群明世累層基底礫岩層	

表 2.6 表層水理観測機器の仕様と諸元 (5) 土壌水分計

設置流域等	観測点名	地点標高 (m)	観測機器名	製造元	型式	測定範囲 (cmH ₂ O)	センサー測定誤差	センサー設置数	センサー設置深度 (cm)	観測対象地層名	備考
正馬川モデル流域	SmTP	292.31	土壌水分計	サンケイ理化株式会社	SK-5500E	-1000~1000	±3cmH ₂ O	12	深度 20、40、60、100、150、200、300、500、750、1000、1250、1500	瀬戸層群土岐砂礫層	
	SmTS	283.79	土壌水分計	サンケイ理化株式会社	SK-5500E	-1000~1000	±3cmH ₂ O	8	深度 20、40、60、100、150、200、300、500	瀬戸層群土岐砂礫層	

3. 補正・補完

3. 1 補正・補完の定義

本年報で用いる「補正」および「補完」の用語として、観測年報³⁾の定義を用いる。以下に用語の定義を抜粋した。

(1) 補正

観測データセットの明らかな異常値や欠測を、前後の確からしいデータやメンテナンス作業の記録や実測値等から補い直すこと。河川流量計のパーシャルフリューム測水井戸の水位，転倒マス式雨雪量計の転倒回数，地下水位計の水被り水位，土壌水分計の水頭等が補正の対象である。

(2) 補完

長期にわたる欠測や異常値の観測で補正が不可能な場合や，気象観測データのように短時間の変化量が大きな観測値は，補正を行うことができない。そこで，他の観測データとの相関に基づいて，計算によって数値の異常値や欠測をなくすことを補完と呼ぶことにする。補完には，補完式または補完方法が必要であり，観測地の特性によって，その手法が異なる。

気象観測データや降水量のデータは，瞬間値で比較すると場所によるばらつきが大きく，他の観測地点データとの相関性は極めて悪い。しかし，日積算または日平均データで比較すると相関性が良くなる。これらのデータの補完は，日データの時間スケールで実施する。

河川流量計の観測値は，パーシャルフリューム測水井戸の水位データとして取得されている。この水位データを他の河川流量計の観測値と比較しようとしても，それぞれの流域の流出特性の違いがあるため，相関性の理論的根拠は薄い。しかし，降雨と河川流出との関係は流出解析（雨がいくら降ったら，河に水がいくら出てくるかを算出する方法）で検討することができるので，降水量の観測値から流出解析の一つの手法であるタンクモデルを用いることによって，河川流量計の観測値から河川流量に変換した値を用いて欠測部分を補完する。

3. 2 補正・補完の方法

(1) 補正の方法

補正は、前後の確からしいデータなどから計算によって欠測や異常値を補い正すことから、補正可能な観測項目とみなすには、観測データの時間変動に連続性が必要となる。

以下に各観測項目における補正の方法を示す。

①気象観測装置

気象観測値は、不規則に変化する気象条件によって変化することから、欠測前後の値から観測値を推定することは難しいが、気温、湿度などの短時間でピークを含まない観測値の欠測・異常値に関しては線形補正を実施した。また、明らかな異常値は削除した。

②雨雪量計

転倒マス式雨雪量計の観測値は、転倒マスの転倒回数である。雨雪量計の欠測としては、データロガーの停止によって転倒回数が計測されないことが挙げられる。観測データの欠測や異常値は、メンテナンス記録および他の雨雪量計データとの比較によって確認する。ただし、雨雪量計の記録は、機器設置時からの積算値で記録されていることから、観測データの変更ではなく、雨雪量換算値（日単位）を補正した。

③河川流量計

河川流量計の測水井戸水位の欠測は、欠測期間中に降雨がない場合、前後のデータを端点とした線形補正 ($Y=aX+b$) を実施した。

また、メンテナンス時の実測水位と観測データに機械誤差以上の差異が長期間認められた場合は、実測水位に合うように観測データに定数を加減算した。加減算した観測地点および期間を表 3.1 に示す。

④地下水位計

地下水位は、降雨状況によって変化することから、長時間の欠測については、前後の値から観測値を推定することは困難である。短時間（1点10分）で欠測前後の水位に変化のない場合には前後の観測値から補正を行った。また、明らかな異常値は削除した。

⑤土壌水分計

土壌水分は、降雨状況や、土壌の不均質性が高く、非線形に変化する土壌の水分特性によって変化することから、欠測前後の値から観測値を推定することは困難である。短時間の欠測を含め全ての欠測についてはそのままとし、明らかな異常値は削除した。

表 3.1 水位補正期間とその値

流量計	期 間	補正量
正馬川下流河川流量計 SPD 大パーシャル	2003/ 4/ 1 ~ 9/15	4mm 引く
正馬川下流河川流量計 SPD 小パーシャル	2003/ 4/ 1 ~ 5/15	3mm 加える
正馬川上流河川流量計 SPU 小パーシャル	2003/ 7/22 ~ 9/21	3mm 引く
正馬川モデル流域河川流量計 SPM 大パーシャル	2003/ 4/ 1 ~ 7/10 2003/ 9/23 ~ 11/10	4mm 加える 7mm 引く
正馬川モデル流域河川流量計 SPM 小パーシャル	2001/ 4/ 1 ~ 2002/ 9/27 2002/ 9/27 ~ 10/18 2002/10/18 ~ 2003/3/31 2003/ 4/ 1 ~ 6/28 2003/ 6/29 ~ 12/13 2003/12/14 ~ 2004/ 3/31	18mm 加える 25mm 加える 40mm 加える 4mm 加える 2mm 加える 4mm 加える

(2) 補完の方法

長期にわたる欠測や異常値、短時間の変化量が大きな気象観測データおよび測定限界を超えた河川流量などは、前後の観測データから推定して補正することができない。そこで、他の観測地点データとの相関性などに基づく計算によって、数値の異常値の補正や欠測部分のデータを推定することが必要である。以下に各観測項目における補完方法を示し、補完の有効性について表 3.2 に示した。

①気象観測装置・雨雪量計

気象・雨雪量データは、瞬間値で比較すると場所によるばらつきが大きく、他の観測地点データとの相関性は極めて低い。しかし、日単位で比較すると

相関性が高くなることから、気象・降水量データの補完は、日単位で実施した。

②河川流量計

降水量と河川流出の関係は流出解析によって検討できることから、前後のデータから推定することができない測定限界を超えた河川流出量や短期間の欠測は、降水量から流出量を解析する方法であるタンクモデルを用い、前後のデータから推定できる降水を伴わない欠測は1次式 ($Y=aX+b$) を用いて補完した。また、長期にわたる欠測は、タンクモデルおよび前後のデータからは推定できないため、流域近傍の観測点との相関関係を求め、相関関係の高い相関式を用いた。

③地下水位計・土壌水分計

地下水位・土壌水分データは、計算による推定や地点間の相関性が低いことから、補完しない。

表 3.2 観測項目の相関性・計算再現性と補完の有効性

観測項目	相関性と計算再現性	補完の有効性
気象観測 (風向・風速・気温・湿度・日照時間・全天日射・純放射)	瞬間値で比較すると場所によるばらつきが大きくなるが、日単位(日平均、日積算)で比較すると、観測地点間の相関性は高い。	○ (日データ)
雨雪量		
河川流量(河川水位)	河川流量は、流域特有の流出特性に支配されるため、流出モデルが同定されている場合には、その再現性は高い。 近傍の流域では、降雨状況も大きくは異なることから、観測地点間の相関性は高い。	○ (時間データ)
地下水位	不均質性や非線形に変化する水分特性によって変わることから、計算による再現性や地点間の相関性は低い。	×
土壌水分		

3. 3 補完式の設定

気象観測データの相関式，および流域毎の河川流量を補完するためのタンクモデル，相関式の諸元を以下に示す。

(1) 気象観測データの相関式

気象観測装置間の相関関係（相関係数・相関式）は，日本工営（2000）⁴⁾を用いた。補完の元データとなる観測点は，補完データの信頼性を高めるため，表 3.3 に示した相関係数が高い観測点を用いた。

表 3.3 各観測地点における相関係数と相関式（気象観測装置）

欠測観測点(Y)	観測要素	優先順位	補完観測点(X)	相関式	相関係数
東濃 鉢山 気象観測装置 TMP	風速	1	モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=2.17X-1.65$	0.50
		2	柄石川流域気象観測装置GMP	$Y=1.85X-0.81$	0.48
	気温	1	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=1.03X-0.42$	1.00
		2	モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=1.03X-0.46$	1.00
	湿度	1	モデル流域ボールSMP	$Y=0.96X+6.71$	0.97
		2	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=0.97X+4.45$	0.95
	日照時間	1	多治見アメダス	$Y=0.96X-0.15$	0.89
	全天日射量	1	名古屋地方気象台	$Y=1.05X-1.61$	0.92
	純放射量	1	柄石川流域気象観測装置GMP	$Y=1.02X-1.36$	-
		2	名古屋地方気象台(全天日射量)	$Y=0.77X-5.49$	0.66
正馬様 気象観測装置 SM	風速	1	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=0.99X-0.32$	0.70
		2	モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=0.93X-0.78$	0.65
	気温	1	東濃鉢山気象観測装置	$Y=1.00X-0.94$	0.99
		2	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=1.04X-1.13$	0.99
	湿度	1	柄石川流域気象観測装置GMP	$Y=0.74X+22.74$	0.89
		2	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=0.79X+16.87$	0.85
モデル流域タワー SMT	風速(上)	1	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=1.30X+0.26$	0.72
		2	正馬様気象観測装置	$Y=1.07X-0.83$	0.65
	気温(上)	1	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=1.00X+0.03$	1.00
		2	柄石川流域気象観測装置GMP	$Y=1.01X+0.04$	1.00
	湿度(上)	1	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=1.05X-6.06$	0.99
		2	柄石川流域気象観測装置GMP	$Y=0.98X+3.63$	0.98
	純放射量	1	東濃鉢山気象観測装置	$Y=1.30X+0.75$	-
	風速(下)	1	モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=0.77X-0.20$	0.72
		2	正馬様気象観測装置	$Y=1.01X+0.32$	0.70
	気温(下)	1	モデル流域タワー-SMT	$Y=1.00X-0.03$	1.00
		2	柄石川流域気象観測装置GMP	$Y=1.01X-0.01$	1.00
	湿度(下)	1	モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=0.95X+5.76$	0.99
		2	柄石川流域気象観測装置GMP	$Y=0.93X+9.43$	0.98
	モデル流域ボール SMP	風速	1	モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=0.51X-0.20$
2			モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=0.54X+0.06$	0.58
気温		1	柄石川流域気象観測装置GMP	$Y=1.00X-0.02$	1.00
		2	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=0.99X-0.03$	1.00
湿度		1	東濃鉢山気象観測装置	$Y=1.04X-6.98$	0.97
		2	モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=0.92X+7.00$	0.96
柄石川気象 観測装置 GMP	風速	1	モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=0.88X+0.06$	0.56
		2	正馬様気象観測装置	$Y=1.16X+0.64$	0.53
	気温	1	モデル流域ボールSMP	$Y=1.00X+0.02$	1.00
		2	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=0.99X+0.01$	1.00
	湿度	1	モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=1.08X-10.18$	0.98
		2	モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=1.02X-3.70$	0.98
	純放射量	1	名古屋地方気象台(全天日射量)	$Y=0.63X-2.34$	-

(2) 河川流量データの補完

河川流量の補完は、タンクモデルおよび相関式を用いた。

① 正馬川流域河川流量計 SPD のタンクモデル

正馬川流域のタンクモデルは、小林ほか(1996)¹⁾における諸元を用いた。正馬川流域タンクモデルの諸元を図 3.1(1)に示す。

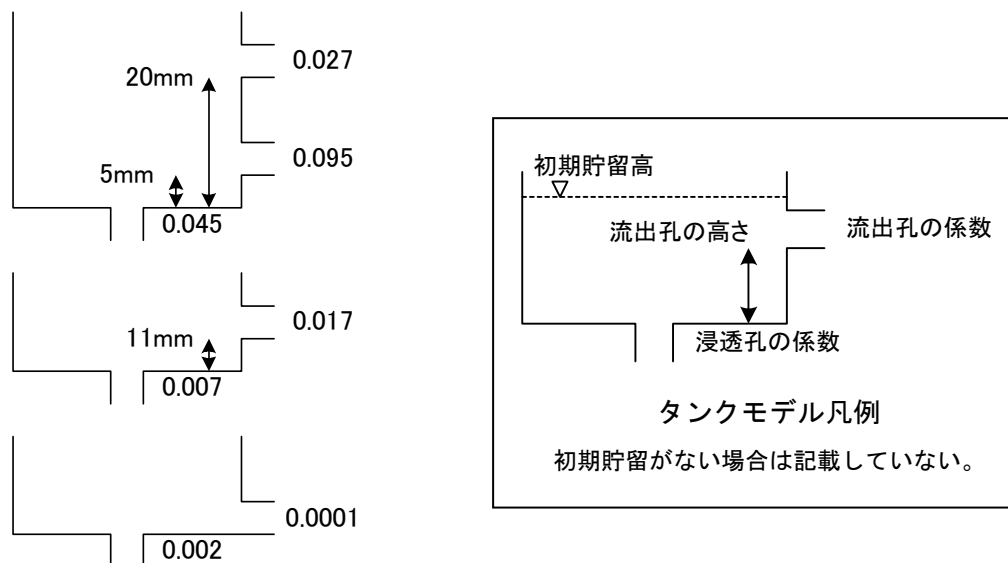


図 3.1(1) タンクモデルの諸元 (正馬川流域)

- ② 正馬川上流域河川流量計 SPU のタンクモデルおよび相関式
 正馬川上流域のタンクモデルは、小林ほか（1996）¹⁾ における諸元を用いた。正馬川流域タンクモデルの諸元を図 3.1(2)に示す。

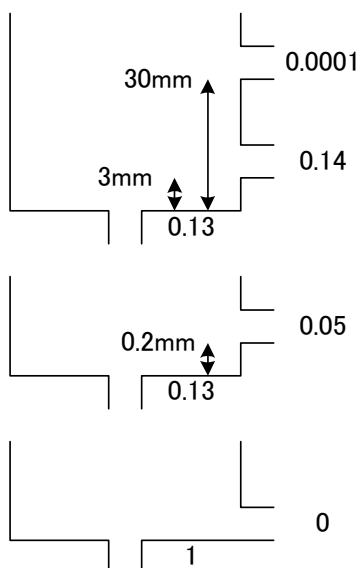


図 3.1(2) タンクモデルの諸元（正馬川上流域）

正馬川上流域河川流量計 SPU では、2003 年 6 月と 7 月に長期間の欠測がある。これは機器の故障により欠測となった期間である。

長期の欠測データにおいては、タンクモデルおよび前後のデータから推定することは困難であるため、流域近傍の観測点との相関関係を求め、相関関係の高い相関式を用いた。上記欠測期間においては、表 3.4 に示した正馬川上流域河川流量計 SPU 近傍の正馬川下流域河川流量計 SPD および正馬川モデル流域河川流量計 SPM との相関を求め、最も相関の良い正馬川下流域河川流量計 SPD の日流量を用いた。

表 3.4 正馬川上流域河川流量計 SPU 流量の相関式と相関係数

欠測観測点(Y)	補完観測点(X)	相関式	相関係数	データ単位
正馬川上流域河川流量計 SPU	正馬川下流域河川流量計 SPD	$Y=0.206X+15.39$	0.997	日流量 (m ³ /日)
	正馬川下流域河川流量計 SPD	$Y=0.190X-0.028$	0.970	10分データ (m ³ /分)
	正馬川モデル流域河川流量計 SPM	$Y=10.257X-3.75$	0.959	日流量 (m ³ /日)

③ 正馬川モデル流域河川流量計 SPM のタンクモデル

正馬川モデル流域のタンクモデルは、観測年報³⁾における諸元を用いた。
正馬川モデル流域タンクモデルの諸元を図 3.1(3)に示す。

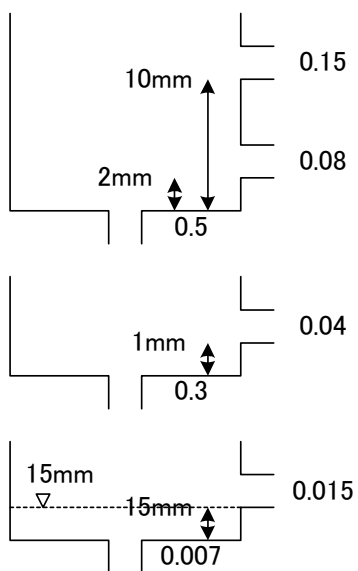


図 3.1(3) タンクモデルの諸元 (正馬川モデル流域)

4. 観測結果

4. 1 降水量

降水量は、正馬様コミュニティー雨雪量計（SR）および正馬川モデル流域雨雪量計（SMR：林内，林外，谷部）の計4ヶ所で観測している。2001年度～2003年度までの降水量を表4.1および図4.1に示す。

表4.1，図4.1より2001年度，2002年度は，正馬川モデル流域（谷部）を除き観測開始から2000年度までの平均以下，2003年度は全観測点で平均以上の降水量が観測された。また，正馬川モデル流域（林内）の降水量は，樹木により降雨が遮断され，地面に到達する降水量が少ないため，他の観測点と比較して少ない傾向にある。

表 4.1 流域別降水量

年度	流域	正馬様モデル流域		
	正馬様 コミュニティー SR	SMR(林外)	SMR(林内)	SMR(谷部)
観測開始から 2000年度までの平均	1,554	1,479	1,145	1,178
2001年度	1,384	849	488	1,468
2002年度	1,317	1,415	806	1,340
2003年度	1,882	1,958	1,150	1,728

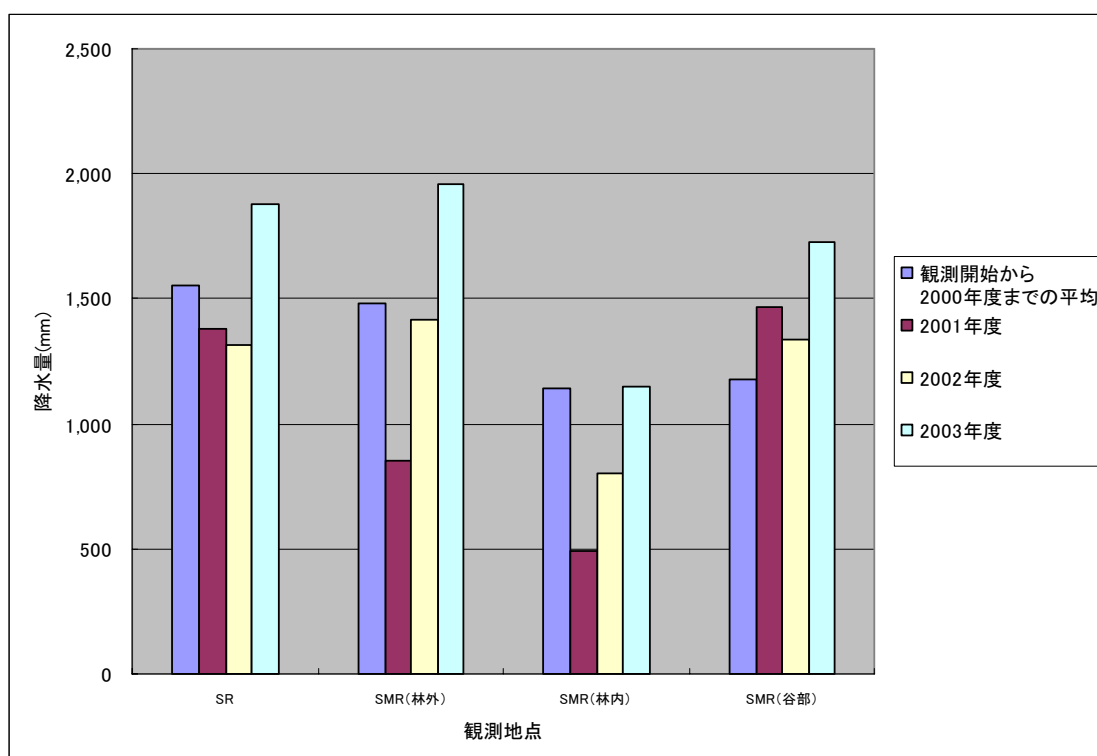


図 4.1 流域別降水量

4. 2 蒸発散量

蒸発散量の推定法には、ソーンズウェイト法、ハーモン法など様々な種類があるが、TGCでは、最も近似的な値が得られるとされているペンマン法により算出された可能蒸発散量に蒸発散比 0.7 を乗じて蒸発散量を推定している。⁵⁾⁶⁾

蒸発散量を算出するための気象観測を、正馬川モデル流域ポール（SMP）において実施している。2001年度～2003年度までの蒸発散量を表 4.2 および図 4.2 に示した。表 4.2、図 4.2 より 2001年度、2002年度は概ね平年並み、2003年度は平年より小さい値となった。

表 4.2 正馬川モデル流域の蒸発散量

	モデル流域
観測開始から 2000年度までの平均	428
2001年度	487.6
2002年度	411.6
2003年度	350.7

単位: mm

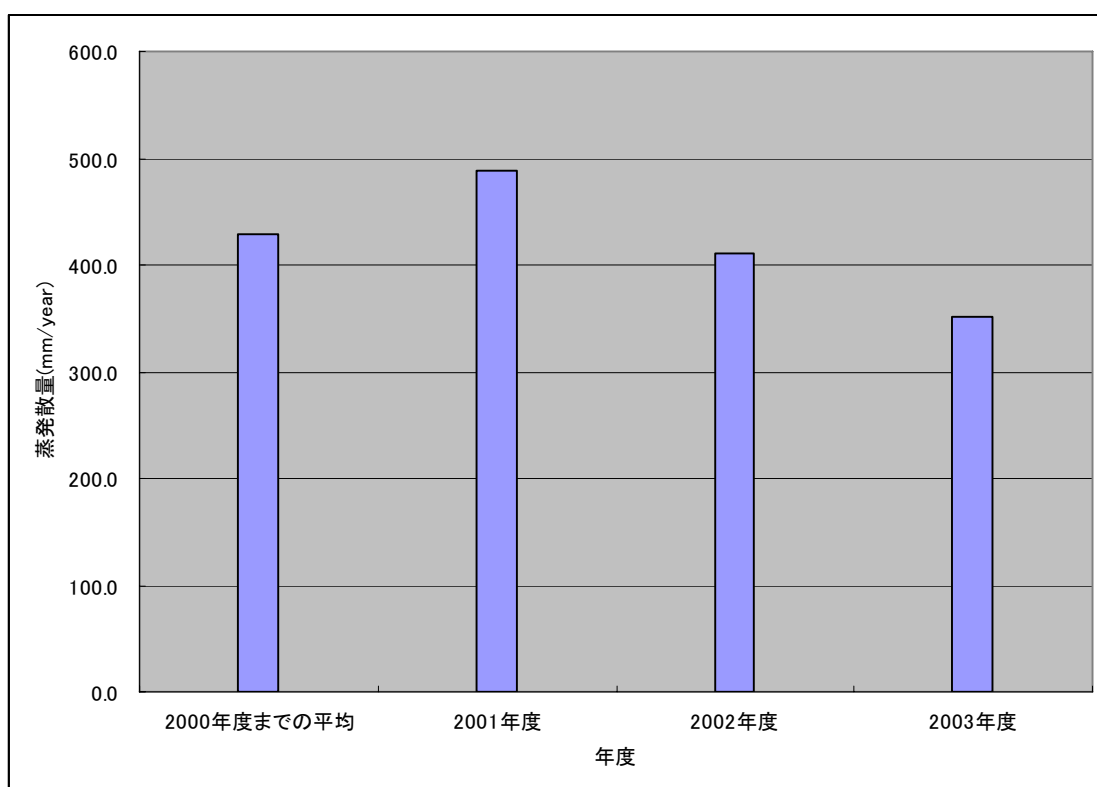


図 4.2 正馬川モデル流域の蒸発散量

4. 3 河川流量

河川流量観測は、正馬川上流（SPU）、正馬川下流（SPD）および正馬川モデル流域（SPM）の計3箇所において実施している。2001年度～2003年度までの流域ごとの河川流量を表4.3および図4.3、流域ごとの河川流出高（河川流量を流域面積で除したもの）を表4.4および図4.4に示す。

河川流量、河川流出高とも2001年度、2002年度は観測開始から2000年度までの平均以下、2003年度は平均以上の河川流量および河川流出高が観測された。

表 4.3 流域別河川流量

流域	正馬川流域		正馬川 モデル流域
	上流域	下流域	
年度	SPU	SPD	SPM
観測開始から 2000年度までの平均	113,615	524,835	9,870
2001年度	85,074	376,262	6,996
2002年度	73,352	352,162	6,028
2003年度	154,792	700,659	15,107

単位：m³

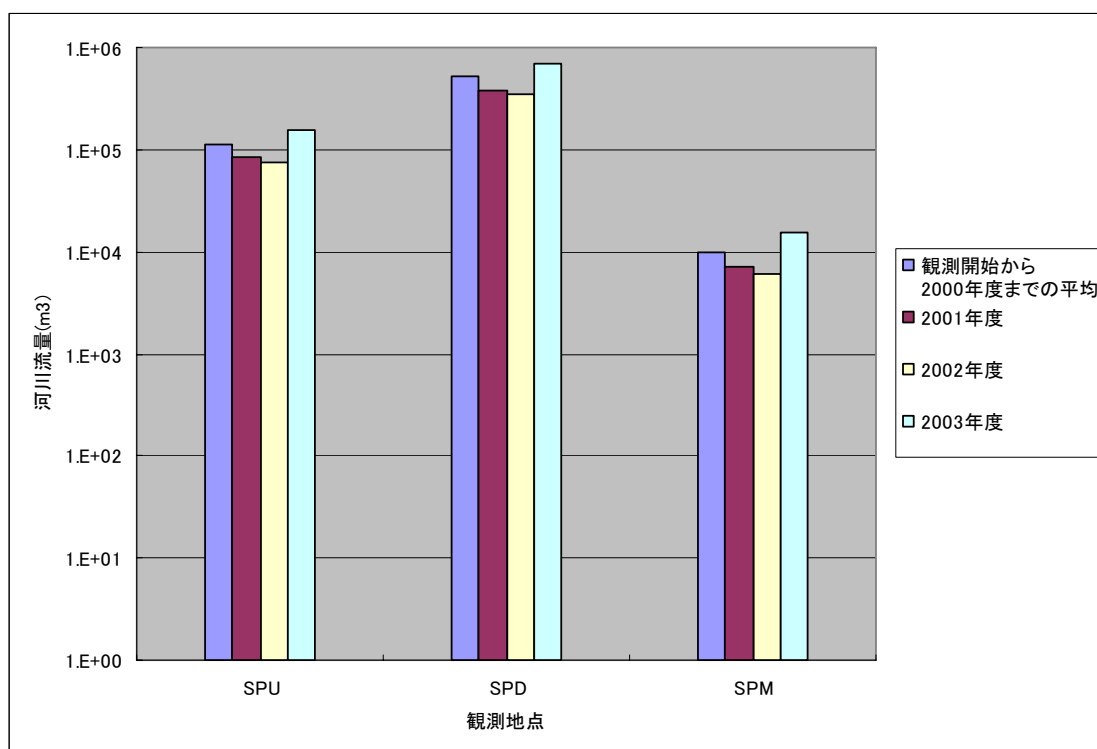


図 4.3 流域別河川流量

表 4.4 流域別河川流出高

流域	正馬川流域		正馬川
	上流域	下流域	モデル流域
年度	SPU	SPD	SPM
観測開始から 2000年度までの平均	733	981	658
2001年度	548.9	703.3	466.4
2002年度	473.2	658.2	401.9
2003年度	998.7	1309.6	1007.1
流域面積(ha)	15.5	53.5	1.5

単位: mm

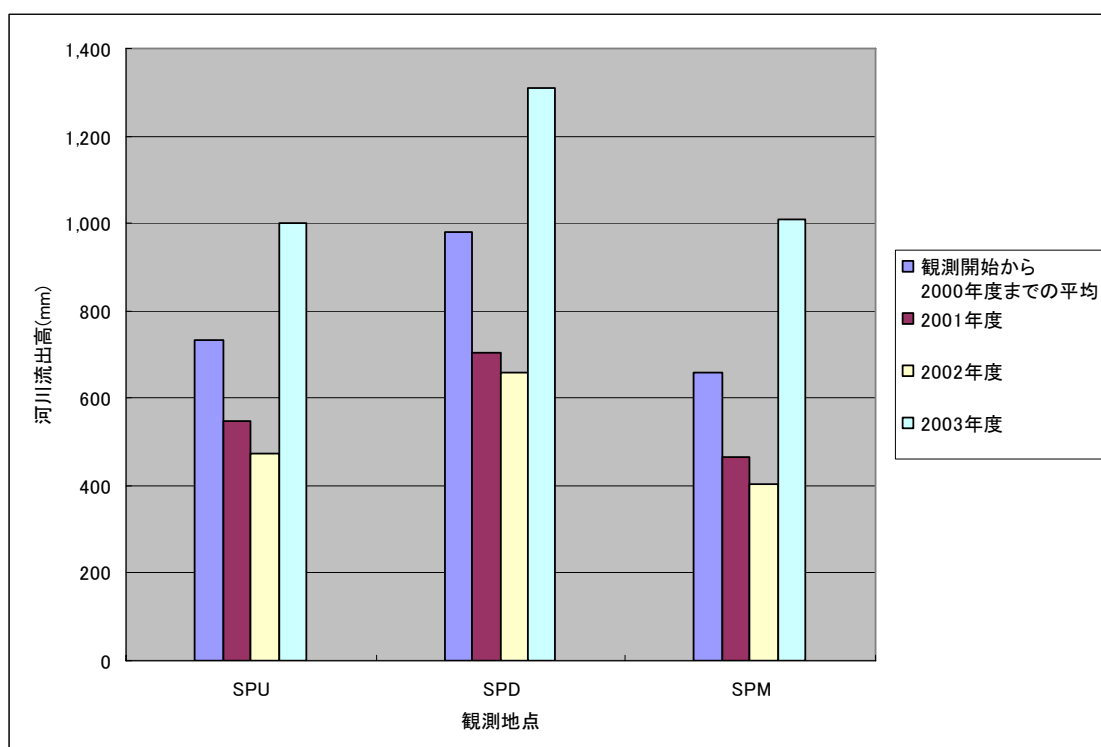


図 4.4 流域別河川流出高

4. 4 地下水位

地下水位は、正馬川流域(3 孔)および正馬川モデル流域(4 孔), の計 7 孔で観測を実施している。正馬様コミュニティー降水量と併せて、正馬川流域の地下水位変動図を図 4.5 に示す。

図 4.5 より、正馬川流域に位置する 99MS-05 では、降水量に対する変動は小さい。正馬川モデル流域に位置する 97MS-01, 02 および 98MS-03, 04 では 2003 年の降水量の多い 8 月, 9 月以外は、水位の変動があまり見られない。

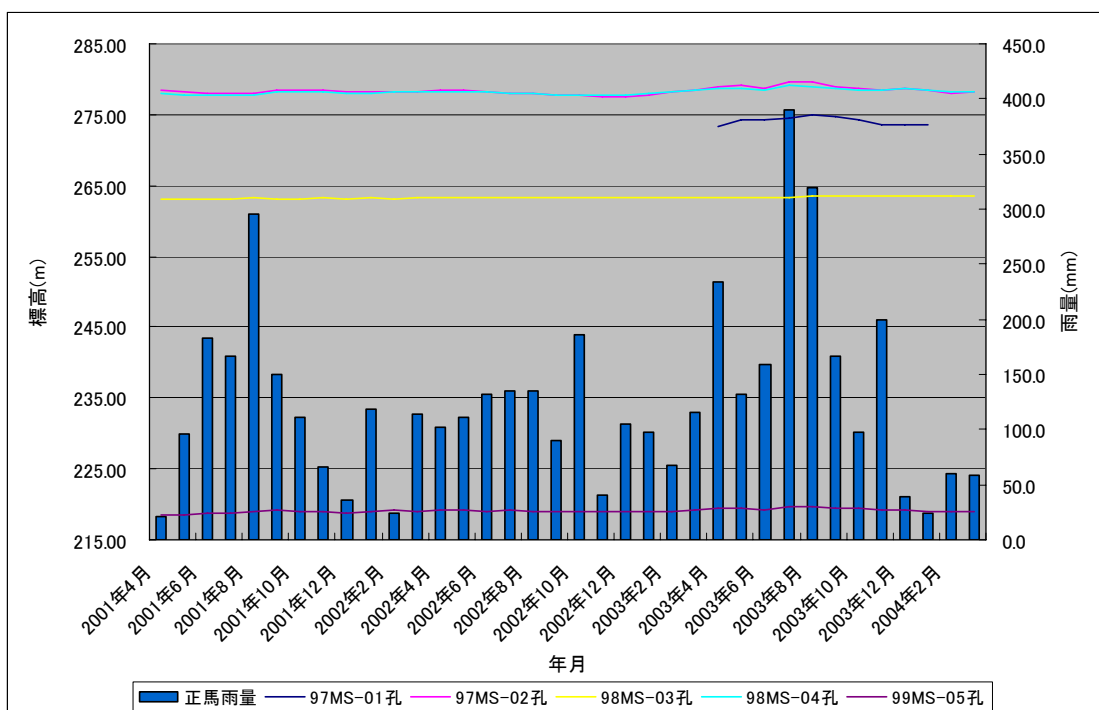


図 4.5 地下水位変動図

4. 5 岩盤浸透量の算出

2001年度から2003年度の観測結果において、欠測などに対する補正や補完実施後のデータを用いて、水収支法により岩盤浸透量を算出した。その結果を表4.5に示す。なお、流域毎の水収支解析に使用した雨量・河川流出高・蒸発散量を表4.6に示し、各要素の組み合わせは宮原ほか（2002）⁷⁾にしたがった。

表 4.5 水収支解析結果

観測年度		1990年度	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度	1995年度	1996年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度
Py	正馬様コミュニティ-雨雪量計SR	1535	1890	1342	1655	1042	1573	1284	1743	1989	1521	1522	1384	1317	1882
	東濃鉾山雨雪量計TR	1528	1814	1178	1616	1030	1446	1315	1870	2093	1640	1377	1391	1373	2018
	正馬川モデル流域尾根部雨雪量計SM	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1498	1459	849	1415	1958
Ey	東濃鉾山気象観測装置TMP	562	515	592	478	550	484	513	486	532	503	477	515	481	375
	正馬川流域SPD	975	1347	734	1166	453	932	700	1220	1410	932	896	703	658	1310
Ry	正馬川上流域SPU	662	937	571	805	389	734	543	957	1072	745	850	549	473	999
	正馬川下流域	1102	1514	805	1356	478	1012	764	1328	1547	1009	994	766	734	1436
	正馬川モデル流域SPM	—	—	—	—	—	—	—	—	—	710	606	466	402	1007
	正馬川流域	-2	28	16	-18	40	158	71	36	47	86	148	165	198	197
Gy	正馬川上流域	308	401	110	353	97	292	244	363	437	332	315	323	411	576
	正馬川下流域	-129	-139	-56	-178	14	77	7	-71	-90	9	51	102	122	71
	正馬川モデル流域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	285	376	-133	552	576

Py：年度降水量（雨雪量計設置地点の年度総降水量）

Ey：年度実蒸発散量（ペンマン法）

Ry：年度河川流出高 ※）

Gy：年度岩盤浸透量（ $Gy=Py-Ey-Ry$ ）

「—」：観測機器設置前

単位：mm

※年度河川流出高の算出

正馬川流域 = (SPD 年度総流出量) / (正馬川流域面積)

正馬川上流域 = (SPU 年度総流出量) / (正馬川上流流域面積)

正馬川下流域 = (SPD 年度総流出量 - SPU 年度総流出量) / (正馬川流域面積 - 正馬川上流流域面積)

表 4.6 水収支解析に使用した雨量・河川流出高・蒸発散量⁷⁾

流域名	雨量 (Py)	蒸発散量 (Ey) [*] (ペンマン法)	河川流出高 (Ry)
正馬川流域	正馬様コミュニティ	東濃鉾山気象観測装置	SPD
正馬川上流域	正馬・鉾山平均降水量 (算術平均)	東濃鉾山気象観測装置	SPD
正馬川下流域	正馬様コミュニティ	東濃鉾山気象観測装置	SPD-SPU
正馬川モデル流域	正馬川モデル流域尾根部	東濃鉾山気象観測装置	SPM

※蒸発散量算出のための観測地点は広域地下水流動研究における観測地点である。

5. 観測データ集

5. 1 計測データ集の作成方法

TGC における表層水理観測データの処理方法を図 5.1 に示す。

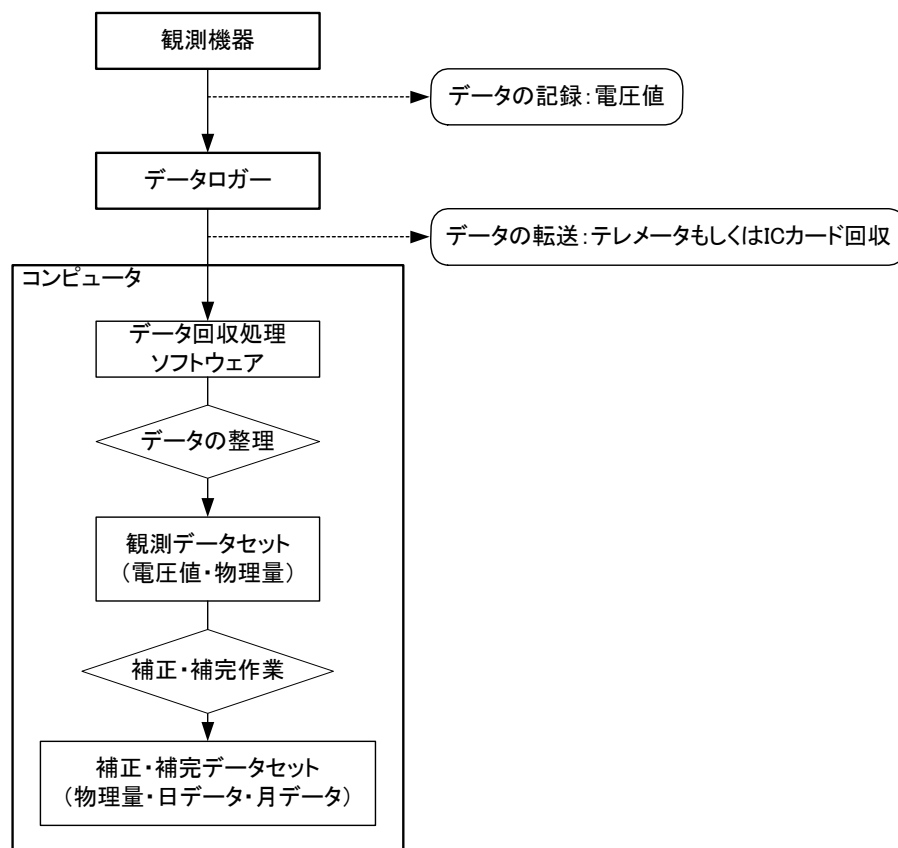


図 5.1 データの処理方法

表層水理観測機器で取得された観測データは、電圧値としてデータロガーに記録される。データの転送によってコンピュータ内に回収された電圧値データは、観測項目ごとに決められた変換式によって、物理量に変換される。観測年報では、観測データの再現性を確保するため、取得された電圧値と物理量そのものを「観測データセット」として記録し、補正・補完作業をした後のデータである「補正・補完データセット」と区別している。

観測データセットでは、10分間隔で取得されている電圧値データと、それに対応する物理量データを、定められた様式に則り、データロガー単位で記録している。

補正・補完データセットでは、物理量データを観測要素ごとにまとめて整理している。補正箇所および補完箇所は文字色を変えて記載することによって、補正・補完作業によって変更されたデータと変更されていないデータを区分している。

5. 2 電子ファイルの様式

観測年報における「観測データセット」と「補正・補完データセット」の電子ファイルの様式は以下のように実施している。なお、各データセットは、Microsoft 社製 EXCEL 形式で保存した。

(1) 観測データセットの様式

観測データセットの記録例を図 5.2 に示す。回収された電圧値データは、観測時間に対応したセルに入力され、変換式によって計算された物理量データは、対応する右側の列に表示される。なお、IC カードによって回収されたデータが欠測し、テレメータ回収データがある一部期間ではテレメータ回収データを用いている。IC カードデータとテレメータ回収データとを区別するため、テレメータ回収データは、物理量データの欄を黄色セルで表示した。

日時	電圧値データ				物理量データ			
	瞬間風速	瞬間風向	平均風速	平均風向	瞬間風速 (m/sec)	瞬間風向 (deg)	平均風速 (m/sec)	平均風向 (deg)
2002/3/12 8:40	0.081	1.587	0.065	2.271	0.324	171.396	0.26	245.268
2002/3/12 8:50	0.118	1.601	0.1	1.67	0.472	172.908	0.4	180.36
2002/3/12 9:00	0.154	0.945	0.129	2.255	0.616	102.06	0.516	243.54
2002/3/12 9:10	0.242	1.406	0.109	0.278	0.968	151.848	0.436	30.024
2002/3/12 9:20	0.177	2.369	0.308	2.479	0.708	255.852	1.232	267.732
2002/3/12 9:30					0.2	204	1.5	239
2002/3/12 9:40					0.6	183	0.9	215
2002/3/12 9:50					0.6	246	1.2	230
2002/3/12 10:00					0.8	496	1	241
2002/3/12 10:10					2.3	252	1.4	232

図 5.2 観測データセットの記録例

図 5.2 のデータは、正馬川モデル流域気象観測装置 SMP の観測データセットの一部を抜粋したものである。2002/3/12 9:30 以降は IC カードデータが欠測しているため、テレメータ回収データを物理量データの欄に入力している。

(2) 補正・補完データセットの様式

補正・補完データセットの記録例を図 5.3 に示す。観測データセットによって変換された物理量は、対応する日時に入力され、変換式によって表層水理解析に用いられる物理量に変換される（図中では河川水位を河川流量に変換している）。

補正または補完を実施した箇所は、文字色を変更して表示した。補正を実施した箇所は赤字、補完を実施した箇所は青字で表示した。

日時	水位[mm](赤字は補正值)		換算流量[m ³ /分]		SPM換算流量[m ³ /分] (青字は補完値)
	SPM 9in	SPM 1in	SPM 9in	SPM 1in	
2000/10/1 0:00	12	103	0.037	0.107	0.107
2000/10/1 0:10	12	99	0.037	0.100	0.100
2000/10/1 0:20	12	103	0.037	0.107	0.107
2000/10/1 0:30	12	100	0.037	0.102	0.102
2000/10/1 0:40	12	95	0.037	0.094	0.094
2000/10/1 0:50	12	90	0.037	0.087	0.087
2000/10/1 1:00	12	85	0.037	0.079	0.079
2000/10/1 1:10	12	82	0.037	0.075	0.075
2000/10/1 1:20	12	87	0.037	0.082	0.082
2000/10/1 1:30	12	136	0.037	0.164	0.164
2000/10/1 1:40	12	183	0.037	0.260	0.260
2000/10/1 1:50	13	209	0.042	0.319	0.319
2000/10/1 2:00	38	220	0.216	0.346	0.346
2000/10/1 2:10	46	217	0.289	0.338	0.338
2000/10/1 2:20	49	191	0.318	0.278	0.278
2000/10/1 2:30	47	169	0.298	0.230	0.230
2000/10/1 2:40	46	156	0.289	0.203	0.203
2000/10/1 2:50	45	144	0.279	0.179	0.179
2000/10/1 3:00	44	134	0.270	0.160	0.160

図 5.3 補正・補完データセット記録例

図 5.3 のデータは、正馬川モデル流域河川流量計 SPM のデータである。1in パーシャルフリュームのデータは、実測データに合うように水位が補正されている。

また、補正・補完データセットには、表層水理解析によって用いられる物理量の月報が記録されている。月報の例を図 5.4 に示す。

日付	平均流量[m ³ /分]	日流出量[m ³ /日]	月流出量[m ³ /月]
2000/10/1	0.069	99.360	694.080
2000/10/2	0.031	44.640	
2000/10/3	0.068	97.920	
2000/10/4	0.034	48.960	
2000/10/5	0.023	33.120	
2000/10/6	0.013	18.720	
2000/10/7	0.009	12.960	
2000/10/8	0.007	10.080	
2000/10/9	0.008	11.520	
2000/10/10	0.007	10.080	
2000/10/11	0.005	7.200	
2000/10/12	0.004	5.760	
2000/10/13	0.004	5.760	
2000/10/14	0.004	5.760	
2000/10/15	0.004	5.760	
2000/10/16	0.004	5.760	
2000/10/17	0.004	5.760	
2000/10/18	0.004	5.760	
2000/10/19	0.004	5.760	
2000/10/20	0.013	18.720	
2000/10/21	0.007	10.080	
2000/10/22	0.004	5.760	
2000/10/23	0.026	37.440	
2000/10/24	0.011	15.840	
2000/10/25	0.024	34.560	
2000/10/26	0.015	21.600	
2000/10/27	0.009	12.960	
2000/10/28	0.011	15.840	
2000/10/29	0.028	40.320	
2000/10/30	0.016	23.040	
2000/10/31	0.012	17.280	

図 5.4 補正・補完データセット月報記録例

図 5.4 のデータは、正馬川モデル流域河川流量計 SPM のデータである。

5. 3 フォルダ構造

年度ごとに以下に示す観測データセットと補正・補完データセットを「超深地層研究所計画編」としてCD-ROMに保存した。

¥ observed data set (観測データセットのフォルダ)

正馬川モデル流域

河川流量計 SPM

気象観測装置 SMP

気象観測装置 SMT

正馬川上流域

河川流量計 SPU

正馬川流域

河川流量計 SPD

正馬様コミュニティー

正馬様気象観測装置

地下水位

地下水位計 97MS-01, 02

地下水位計 98MS-03, 04

地下水位計 99MS-05

土壌水分

土壌水分計 SmTP

土壌水分計 SmTS

¥ completed data set (補正・補完データセットのフォルダ)

¥ completed data set

正馬川モデル流域

雨雪量計

河川流量計 SPM

気象観測装置 SMP

気象観測装置 SMT

正馬川上流域

河川流量計 SPU

正馬川流域

河川流量計 SPD

正馬様コミュニティー

雨雪量計

正馬様気象観測装置

地下水位

地下水位計 97MS-01, 02

地下水位計 98MS-03, 04

地下水位計 99MS-05

土壌水分

土壌水分計 SmTP

土壌水分計 SmTS

6. まとめ

2001～2003 年度の補正補完後のデータを用いて、水収支法により算出した各年度の岩盤浸透量は、正馬川全域では 165～198mm、正馬川上流域では 323～576mm、正馬川下流域では 71～122mm であった。この結果から、正馬川全域は涵養域であり、上流域は下流域の約 5 倍の涵養量となった。正馬川モデル流域では、降水量が少なかった 2001 年度においては、岩盤浸透量が - 133mm と流出域となり、降水量が平年並またはそれ以上の 2002～2003 年度においては、岩盤浸透量が 552～576mm となり涵養域となった。

岩盤浸透量を算出する要因のひとつである降水量に着目すると正馬川全域、上流域、下流域については、降水量に関係なく涵養域を示したのに対し、正馬川モデル流域は、降水量により流出域となる場合と、涵養域となる場合があることが明らかになった。

7. おわりに

本年報では、2001～2003 年度までの表層水理観測データについて、補正・補完を行って整理し、水収支法により、2001～2003 年度の岩盤浸透量を算出した。今後も観測を継続し、年度ごとに岩盤浸透量を算出する計画である。

2004 年度末には、瑞浪超深地層研究所用地内に表層水理観測システムを設置し、観測を開始する。新規に設置した地点については、別途補正・補完方法を検討し、研究所用地内に設置した表層水理観測データを含め、すでに観測している表層水理観測データから、研究坑道掘削に伴う表層水理への影響の有無を把握する計画である。

参考文献

- 1) 小林公一, 中野勝志, 他: “表層水理観測システムによる水収支の算定 ー岐阜県東濃鉦山におけるケーススタディーー”, 動燃技報, No.97, pp145-150 (1996)
- 2) サイクル機構: “正馬様洞における表層水理定数観測システムの設置”, サイクル機構契約業務報告, JNC TJ7440 98-006 (1998)
- 3) サイクル機構: “1989~2000年度 表層水理観測年報 (データ集)”
JNC TN7440 2002-002 (2002)
- 4) 日本工営: “東濃鉦山及び正馬川流域等の気象観測データと他機関観測データの対比と整理”, JNC TJ7440 2000-012 (2000)
- 5) 建設省河川局監修: “地下水調査および観測指針 (案)”, 山海堂, (1993)
- 6) 山内大祐, 宮原智哉, 他: “「超深地層研究所計画用地周辺の水収支観測結果」”, サイクル機構技報, No.9, pp103-114 (2000)
- 7) 宮原智哉, 稲葉薫, 他: “「広域地下水流動研究実施領域における水収支観測結果と地下水流動スケールの検討」”, サイクル機構技報, No.16, pp137-148(2002)