



広域地下水流動研究における表層水理観測データ集

－2004～2007年度－

Annual Data Compilation of the Water Balance Observation
in the Regional Hydrogeological Study Project (RHS Project)
- Monitoring Data from the Fiscal Year 2004 to 2007 -

佐藤 敦也 竹内 竜史

Atsuya SATO and Ryuji TAKEUCHI

地層処分研究開発部門
東濃地科学研究ユニット

Tono Geoscientific Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate

March 2010

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2010

広域地下水流動研究における表層水理観測データ集
—2004～2007 年度—

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門 東濃地科学研究ユニット
佐藤 敦也^{*} , 竹内 竜史

(2009 年 12 月 18 日受理)

東濃地科学センターでは、広域地下水流動研究の一環として、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。

本観測では雨雪量、蒸発散量算出のための気象要素、河川流量、地下水位を東濃鉦山流域、柄石川流域、日吉川流域で観測している。

本報告では、2004～2007 年度までの表層水理観測で得られた河川流量、雨雪量、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取りまとめた。

また、補正・補完前のデータを「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。

Annual Data Compilation of the Water Balance Observation
in the Regional Hydrogeological Study Project (RHS Project)
- Monitoring Data from the Fiscal Year 2004 to 2007 -

Atsuya SATO[※] and Ryuji TAKEUCHI

Tono Geoscientific Research Unit,
Geological Isolation Research and Development Directorate,
Japan Atomic Energy Agency
Akeyo-cho, Mizunami-shi, Gifu-ken

(Received December 18, 2009)

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 observations, precipitation metrological data for the estimation of evapotranspiration, river flow rate, and groundwater table and soil moisture have been observed in the Tono mine area, the Garaishi river area and the Hiyoshi river area.

The missed data and data error in the monitoring data from the fiscal year 2004 to 2007 were complemented or corrected the data was compiled in data set.

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

Keywords: Regional Hydrogeological Study Project (RHS Project), Subsurface Water Balance, Precipitation, Evapotranspiration, River Flow Rate, Groundwater Table.

※Collaborating Engineer

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	表層水理観測データ整理方法	5
3.1	観測データセット	5
3.2	補正・補完データセット	5
3.3	補正・補完方法	6
4	観測結果	16
4.1	雨雪量	16
4.2	蒸発散量	17
4.3	河川流量	18
4.4	地下水位	20
5	電子ファイルの様式	21
5.1	物理量への変換式	21
5.2	補正・補完箇所の表示	23
5.3	フォルダ構造	24
6	おわりに	26
	参考文献	27

CONTENTS

1	Introduction	1
2	Outline of the subsurface water balance observation	2
	2.1 Purposes	2
	2.2 Specifications of the observation machinery	2
3	Reduction method of observation data	5
	3.1 Observation data sets	5
	3.2 Correction data sets / Complement data sets	5
	3.3 Correction/Complement methods	6
4	Observation results	16
	4.1 Precipitation	16
	4.2 Evapotranspiration	17
	4.3 River flow rate	18
	4.4 Groundwater table	20
5	The style of the electronic file	21
	5.1 Conversion type to the quantity of physics	21
	5.2 The indication of the Correction/Complement points	23
	5.3 Folder structure	24
6	Conclusions	26
	References	27

1. はじめに

東濃地科学センターでは、広域地下水流動研究¹⁾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、1989年より表層水理観測システムを順次観測流域に設置し、表層水理観測を継続している²⁾³⁾。

表層水理観測データには、河川流量データ、地下水位観測データ及び気象観測データがあり、これらのデータを使用して、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定に当たっては、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年度～2000年度の表層水理観測年報⁴⁾（以下、観測年報という）と2001年度～2003年度の表層水理観測年報⁵⁾⁶⁾において補正・補完方法が整理されている。

本データ集は、上記の観測年報での補正・補完方法に基づき、2004年度～2007年度の柄石川流域、東濃鉦山流域及び日吉川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、データ集を作成した。また、観測データを「観測データセット」及び「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

0.1 目的

本データ集では、今後、各データの見直しが必要となる可能性も考慮し、補正・補完後のデータから元データまで遡れることを目的として2004～2007年度の河川流量、雨雪量、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⁴⁾の補正・補完方法に基づき、補正・補完等の作業を行い、データ集としてとりまとめた。

0.2 観測機器の仕様と諸元

表層水理観測機器は、観測地点の地形や標高、観測地点の観測機器周辺の木々等により日々変化する気象条件の観点から、気象観測機器、雨雪量計、河川流量計及び地下水水位計を用いている。

河川流量計は幅広い河川流量に対応するため柄石川流域では大小2種類のパーシャルとパーシャルの水位を観測するための測水井戸で構成されている。河川流量はパーシャルの水位と流量の関係式から算出している。図2.1に河川流量計の例を、図2.2にパーシャルの概念図を示す。日吉川流域では河川の幅が広いため河床断面をあらかじめ測量し、河川水位を測定し流量を関係式から算出している。

観測機器の位置図を図2.3、表層水理観測機器の仕様と諸元を表-2.1～2.4に示す。

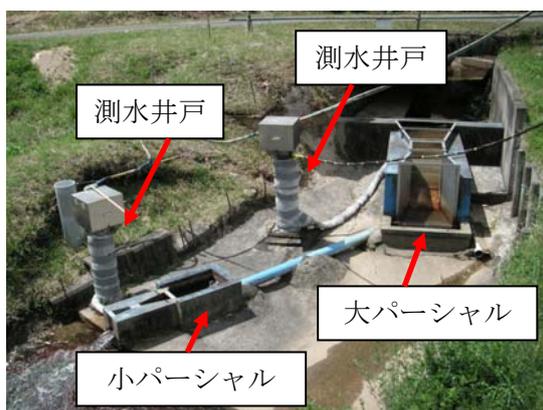


図 2.1 河川流量計の例

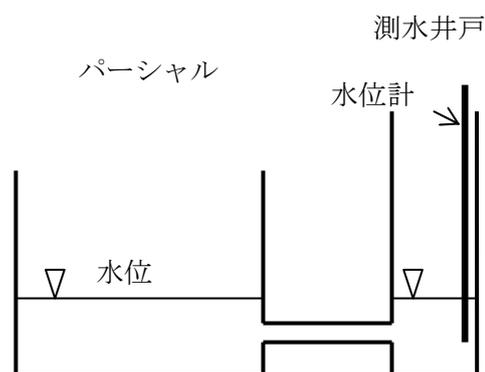
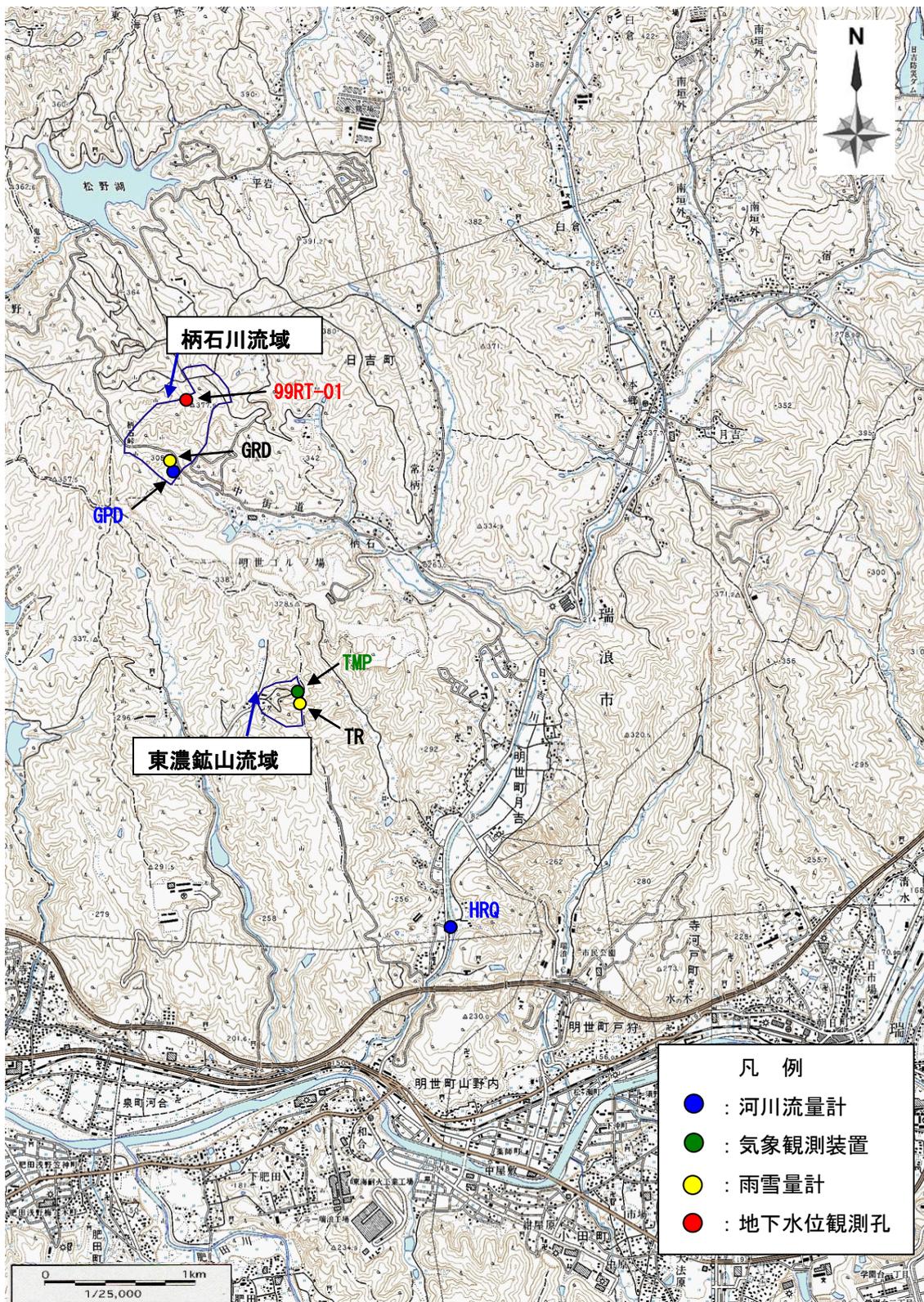


図 2.2 パーシャル概念図



国土地理院発行 1/25,000 地形図「土岐」使用

図 2.3 観測地点位置図 (図中の地点名称は表-2.1~2.4 を参照)

表 2.1 表層水理観測機器の仕様と諸元・観測項目 (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
東濃鉱山気象観測装置 TMP	297.00	風車型風向風速計	横河電子機器株	A-733	16.130	プロベラ中央	10分平均風向 10分平均風速	0~360° 0.4~20m/s	16方位(10分平均) 0~20m/s	±3° 5m/sまで±0.3m/s、5m/s以上±5%
		風車型風向風速計	横河電子機器株	A-733	15.500	プロベラ中央	10分平均風向 10分平均風速	0~360° 0.4~20m/s	16方位(10分平均) 0~20m/s	±3° 5m/sまで±0.3m/s、5m/s以上±5%
		気温計	横河電子機器株	E-834-01	1.700	センサー中央	10分平均気温	-50~+50°C	-50~+50°C	JIS0.15級(±0.15°C)
		露点計	横河電子機器株	E-865-00-00	1.050	センサー中央	10分平均相対湿度	-40~+80°	0~100%	フルスケール(F.S.)の±0.5%
		蒸発計(蒸発パン)	横河電子機器株	D-811	0.400	上縁	水面蒸発量	0~100mm	0~100mm	フルスケール(F.S.)の±0.5%
		日照計	横河電子機器株	H-0621-10-00	3.320	センサー面	日積算日照時間	-	0~10時間	フルスケール(F.S.)の±0.5%
		全天電気式日射計	横河電子機器株	H-201	3.170	受光面	日積算日射量	0~2kw/m ²	0~MJ/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	1.600	センサー面	日積算純放射量	-0.4~1.6kw/m ²	0~MJ/m ²	フルスケール(F.S.)の±0.5%

表 2.2 表層水理観測機器の仕様と諸元・観測項目 (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
東濃鉱山雨雪量計 (TR)	297.00	転倒ます型雨雪量計	横河電子機器株	B-012-20	1.070	受水口	雨雪量	-	0~100mm	20mm以下のとき±0.5mm以内、100mm以下の連続した雨量のとき±3%
柄石川流域谷部雨雪量計 (GRD)	299.03	いっす水式転倒ます式雨量計	横河電子機器株	B-071-00	2.530	受水口	雨雪量	-	20mm以下のとき±0.5mm以内、100mm以下の連続した雨量のとき±3%	

表 2.3 表層水理観測機器の仕様と諸元・観測項目 (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	製造元	水位計型式	取水口高さ(mm)	観測項目	水位計測定範囲
柄石川下流河川流量計GPD	0.233	296.25	2inパナシヤルリユー	横河電子機器株	W-448-11-00	横河電子機器株	W-448-11-00	60	測水井戸水位:H(mm)	920
								6	測水井戸水位:H(mm)	335
日吉川河川流量計HRQ	23.9	171.48*	水圧式水位検出器	横池田計器製作所	ECP-200型	横池田計器製作所	-	-	河川流量計(m ³ /S)	0~5m

※水位標零点高

表 2.4 表層水理観測機器の仕様と諸元・観測項目 (地下水水位計)

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(m)	管頭標高(m)	井戸底梁度(G.L.=m)	井戸口径(mm)	掘削口径(mm)	ストレーナ上部深さ(G.L.=m)	ストレーナ区間長さ(m)	観測対象地層名
柄石川流域	99RT-01	365.97	minitroll	エフ・アラワン株	SSP-100	0~10	±1cm	366.02	33.25	125	30.75	2	瀬戸層群土岐砂礫層	

3. 表層水理観測データ整理方法

3.1 観測データセット

表層水理観測機器からの観測データは、観測間隔ごとに得られた電圧値データと物理量データのデータセットで構成されている。

各観測機器（センサー）からデータロガーへは、電圧値としてデータが送られている。したがって、データロガーの IC カードにはセンサーの電圧値が記録されており、カードから回収されるデータは電圧値データである。

電圧値データから各センサーが観測している物理量に変換するために、各センサーに対してそれぞれの変換式が設定されている。その変換式を利用し、電圧値を物理量に変換している。

3.2 補正・補完データセット

表層水理観測機器の観測データについては、メンテナンスを随時実施してもデータの欠測や異常値は避けられない。すなわち、観測データには機器の故障や観測条件の変化、メンテナンス時の作業等による欠測や異常値が含まれている。表層水理観測の目的である水収支観測と地下水位観測の結果の品質を確保するためには、適切な補正・補完方法を選択し、これを実施する必要がある。観測データの特性や補完方法によって、補正・補完を実施する時間スケールが異なってくる。各観測データの補正・補完の時間スケールについては次項で示す。河川流量観測データのように、観測データセットの瞬間値のスケールで補正が行える場合と、雨雪量や気象観測データ等のように瞬間値での補正が不可能で、日データのスケールで補完を行う場合がある。これらの補正・補完や欠測処理を各時間スケールで行った結果が補正・補完データセットとなる。

3.3 補正・補完方法

(1) 補正・補完

補正・補完データセットの作成には、適切な補正・補完方法を設定する必要がある。ここでは補正・補完について、以下の様に定義する。

① 補正

観測データの明らかな異常値や欠測を、前後の確からしいデータ、メンテナンス作業の記録や観測データ等から補い直すこと。河川流量計の測水井戸の水位、転倒ます式雨雪量計の転倒回数、地下水位計の水面からの深度（水位）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、気象観測データの様に短時間の変化量が大きな観測データは、補正を行うことができない。そこで、他の観測データの相関性に基づいて、計算によって数値の異常や欠測を補うことを補完という。補完には、補完式または補完方法が必要であり、観測データによって、その手法が異なる。気象観測データや雨雪量のデータは、瞬間値で比較すると場所によるばらつきが大きく、他の地点の観測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ため、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した。また、河川流量計の観測データは、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データ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で検討することができる。ここでは、雨雪量の観測データから流出解析の手法の一つであるタンクモデル⁷⁾を用いることによって、河川流量計の観測データから河川流量に変換した値は補完する。

(2) 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直すことから、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。

① 気象観測装置

気象観測データは、不規則に変化することから、欠測前後の値から観測データを推定することは困難である。本報告では、欠測についてはそのままとし、明らかな異常値は削除するにとどめ、補正は実施しなかった。

② 雨雪量計

転倒ます式雨雪量計の観測データは、転倒ますの転倒回数で測定する。雨雪量計による欠測の原因としては、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、枯葉等により雨雪量計内部で目詰まりをおこし、転倒せず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、メンテナンス記録及び他の雨雪量計データとの比較によって確認した。

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。表 3.1～3.3 に期間と定数を示す。

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、長時間の欠測は、前後の値から観測データを推定することは困難である。短時間（1点10分）の欠測と短時間で欠測前後の水位に変化のない場合には前後の観測データから補正を行った。

表 3.1 柄石川流域河川流量計 GPD 大パーシャル

期 間	補正量
2004/4/1～2004/5/8	24.5mm 引く
2004/5/9～2004/7/6	15.6mm 引く
2004/7/7～2004/9/4	26.9mm 引く
2004/9/5～2004/9/25	26.1mm 引く
2004/11/21～2004/12/4	24.3mm 引く
2004/12/5～2004/12/8	7.0mm 加える
2004/12/9～2005/3/23	29.3mm 引く
2005/3/23～2005/3/31	7.0mm 引く
2005/4/1～2005/5/6	30.6mm 引く
2005/5/7～2005/6/27	44.7mm 引く
2005/6/28～2005/7/6	2.3mm 加える
2005/7/7～2005/8/5	34.1mm 引く
2005/8/6～2005/8/12	3.5mm 加える
2005/8/13～2005/9/6	21.8mm 引く
2005/9/7～2006/2/24	44.2mm 引く
2006/2/27～2006/3/31	6.0mm 引く
2006/4/1～2006/4/21	9.8mm 引く
2006/4/22～2006/5/1	20.0mm 引く
2006/5/2～2006/5/26	5.0mm 引く
2006/5/27～2006/6/12	25.2mm 引く
2006/6/13～2006/7/28	3.1mm 引く
2006/7/29～2006/8/11	8.3mm 引く
2006/8/12～2006/8/28	6.5mm 引く
2006/8/29～2006/10/27	0.3mm 引く
2006/10/28～2006/11/17	8.3mm 引く
2006/11/18～2007/1/4	3.8mm 引く
2007/1/5～2007/1/15	3.7mm 引く
2007/1/16～2007/2/28	3.1mm 引く

表 3.2 柄石川流域河川流量計 GPD 小パーシャル

期 間	補正量
2004/5/28～2004/6/25	1.9mm 引く
2004/7/1～2005/3/31	2.9mm 引く
2005/4/1～2005/4/15	1.8mm 引く
2005/4/16～2005/4/22	10.7mm 加える
2005/4/23～2005/4/25	1.8mm 引く
2005/4/26～2005/4/28	6.6mm 引く
2005/4/29～2005/5/1	15.4mm 加える
2005/5/2～2005/6/20	3.8mm 引く
2005/6/21～2005/6/24	8.1mm 加える
2005/6/25～2005/6/27	3.0mm 引く
2005/6/28～2005/7/20	5.8mm 加える
2005/9/21～2005/10/4	6.0mm 引く
2005/10/5～2005/10/11	4.5mm 加える
2005/10/12～2005/10/31	7.2mm 引く
2005/11/1～2005/11/4	4.0mm 加える
2005/11/5～2005/12/28	11.4mm 引く
2005/12/29～2006/3/31	22.2mm 引く
2006/4/1～2006/4/21	27.0mm 引く
2006/4/22～2006/5/8	20.0mm 引く
2006/5/9～2006/5/19	14.0mm 引く
2006/5/20～2006/7/7	25.8mm 引く
2006/7/8～2007/2/28	一次式で補正 $Y=-0.34729X+13473$

Y : 補正量 mm X : 1900年1月1日から起算した日数

表 3.3 日吉川河川流量計 HRQ

期 間	補正量
2004/4/1～2004/4/30	9.0mm 引く
2004/7/12～2004/8/18	5.0mm 加える
2004/9/17～2004/10/25	12.0mm 引く
2004/12/22～2005/3/31	16.0mm 引く
2005/4/1～2005/6/17	4.8mm 引く
2005/6/18～2005/9/30	14.3mm 加える
2005/10/1～2005/10/3	20.0mm 引く
2005/10/4～2005/11/8	14.0mm 引く
2005/11/19～2005/12/22	12.0mm 引く
2005/12/23～2006/3/31	4.0mm 引く
2006/4/4～2006/6/23	9.6mm 加える
2006/6/24～2006/6/30	20.0mm 加える
2006/7/1～2006/8/18	25.0mm 加える
2006/8/19～2006/12/18	19.6mm 加える
2006/12/19～2007/1/29	9.4mm 加える
2007/1/30～2007/2/28	19.4mm 加える
2007/3/1～2007/3/16	20.0mm 加える
2007/4/1～2007/5/7	10.0mm 加える
2007/5/8～2007/7/9	20.0mm 加える
2007/7/23～2007/9/21	20.0mm 加える
2007/9/22～2007/11/26	10.0mm 加える
2007/12/1～2008/3/18	10.0mm 引く

(3) 補完の方法

長期にわたる欠測や異常値の取得，気象観測データのように短時間の変化量が大きなデータ，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，補完を行うが，補完可能な観測項目とみなすには，地点間の相関性や観測データの日変動及び時間変動での値が計算式を用いて再現可能であるとする理論的根拠が必要となることから，表 3.4 に理論的根拠と補完の有効性について示した。

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・雨雪量データの補完は，日単位で実施した。

② 河川流量計

雨雪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，降雨を含む期間の欠測流量に関しては，雨雪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て補完を行った。

③ 地下水位計

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 3.4 観測項目の観測データ変動の理論的根拠と補完の有効性

観測項目	相関性と観測データ変動の理論的根拠	補完の有効性
気象観測 (風向・風速・気温・湿度・全天日射・純放射)	観測データの日平均や日積算値は，広域を日単位で変化する気象によって変動することから，日単位での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，時間単位での再現性は高い。推定にはタンクモデルなどを用いる。	○ (時間データ)
地下水位	これらの観測データは，不規則に変化する降雨や，土壌の不均質性，非線形に変化する土壌の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。	×

(4) 補完式の設定

気象観測・雨雪量データの相関式，及び流域ごとの河川流量を補完するためのタンクモデル⁶⁾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，観測年報⁴⁾⁵⁾⁶⁾及び齊藤，他（2004）⁸⁾で報告されている相関式及び観測データを基に算出した。各観測地点における相関係数と相関式は表 3.5～3.6 のとおりである。元データとなる観測点は相関係数の高い観測点を優先したが，元データが欠測の場合は優先順位の低位の相関式を採用した。

表 3.5 2004 年度気象観測データ相関式

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	正馬様気象観測装置SM	$Y=(X+0.03)/0.40$	0.69
		2	正馬川モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=(X-0.55)/0.46$	0.59
	気温	1	正馬川モデル流域ポールSMP	$Y=(X-0.56)/0.98$	1.00
		2	正馬川モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=(X-0.66)/0.98$	1.00
	湿度	1	正馬川モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=(X+6.85)/1.07$	0.98
		2	正馬川モデル流域ポールSMP	$Y=(X+5.17)/1.05$	0.98
	日照時間	1	恵那アメダス	$Y=(X-0.31)/1.09$	0.71
	全天日射量	1	正馬川モデル流域ポールSMP	$Y=1.01X+0.21$	0.94
純放射量	1	正馬川モデル流域タワー-SMT	$Y=(X-2.21)/1.21$	0.77	

表 3.6 2005 年度～2007 年度気象観測データ相関式

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	正馬様気象観測装置SM	$Y=(X+0.03)/0.40$	0.69
		2	正馬川モデル流域タワー-SMT(上)	$Y=(X-0.55)/0.46$	0.59
	気温	1	正馬川モデル流域ポールSMP	$Y=(X-0.56)/0.98$	1.00
		2	正馬川モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=(X-0.66)/0.98$	1.00
	湿度	1	正馬川モデル流域タワー-SMT(下)	$Y=(X+6.85)/1.07$	0.98
		2	正馬川モデル流域ポールSMP	$Y=(X+5.17)/1.05$	0.98
	日照時間	1	恵那アメダス	$Y=(X-0.31)/1.09$	0.71
	全天日射量	1	正馬川モデル流域ポールSMP	$Y=1.01X+0.21$	0.94
2		名古屋アメダス	$Y=0.98X+3.30$	0.81	
純放射量	1	正馬川モデル流域タワー-SMT	$Y=(X-2.21)/1.21$	0.77	

② 雨雪量データの相関式

雨雪量計間の相関関係(相関係数・相関式)は、観測年報⁴⁾⁵⁾⁶⁾及び2004年度～2007年度までの観測データを基に算出した。欠測・異常値を確認した結果から、各年度の相関係数と相関式を表3.7～3.8に示す。元データとなる観測点は相関係数の高い観測点を優先したが、元データが欠測の場合は優先順位の下の相関式を採用した。

表 3.7 2004 年度各観測地点における相関係数と相関式(雨雪量計)

欠測観測点(Y)	優先順位	補完観測地点(X)	相関式	相関係数
東濃鉱山雨雪量計TR	1	正馬様コミュニティー雨雪量計SR	$Y=1.01X$	0.96

表 3.8 2005 年度～2007 年度各観測地点における相関係数と相関式(雨雪量計)

欠測観測点(Y)	優先順位	補完観測地点(X)	相関式	相関係数
東濃鉱山雨雪量計TR	1	正馬様コミュニティー雨雪量計SR	$Y=1.01X$	0.96
柄石川流域雨雪量計GRD	1	正馬様コミュニティー雨雪量計SR	$Y=1.01X$	0.94

③ タンクモデルの諸元

河川流量の補完は、既存研究において求められたタンクモデル⁷⁾を用いた。各流域におけるタンクモデルの諸元を以下に示す。

1) 柄石川流域河川流量計 GPD のタンクモデル

柄石川流域のタンクモデルは、観測年報^{4) 5) 6)}における諸元を用いた。観測年報^{4) 5) 6)}において短期流出を解析した結果、雨雪量の大きな場合と小さな場合で、単一のタンクモデルでは流量が再現できなかったことから、雨雪量でタンクモデルを場合分けしている。柄石川流域タンクモデルの諸元を図 3.1 に示す。

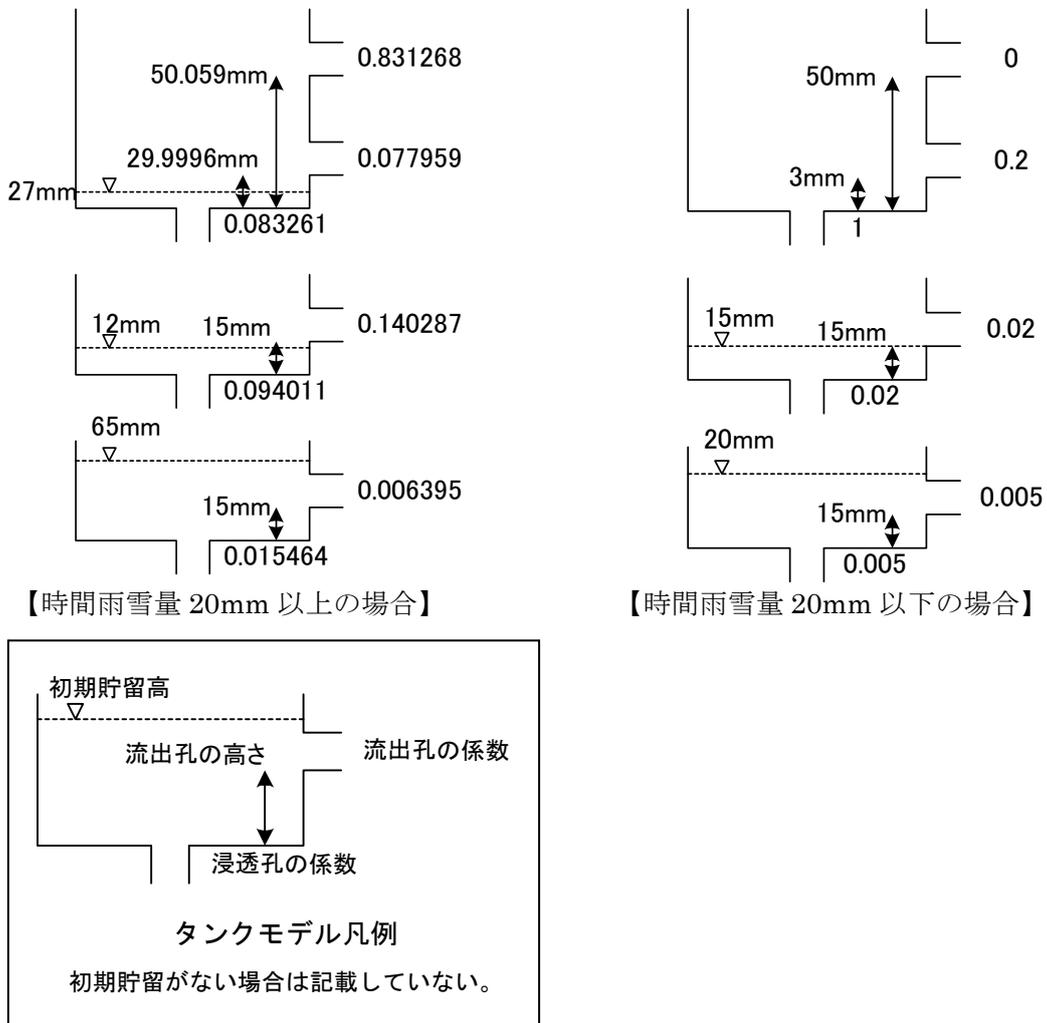


図 3.1 タンクモデルの諸元 (柄石川流域)

(5) 補完の実施

(4)において検討した補完式を用いて、気象観測、雨雪量及び河川流量データの補完を実施した。表 3.9 に補完の実施条件を示す。

河川流量においては欠測期間及び測定限界を超える出水の場合は推定することができないためにタンクモデルを用いて補完をするが、補完をせず算出された前後のデータと比較を行い、極端に前後の数値が違わないようにデータが近似値になるところまで線形補完を行う。

表 3.9 補完の実施条件

観測要素		条件	補完方法
気象観測	日平均値	2 時間以上の欠測	相関関係
	日積算値	1 回以上の欠測(ただし、欠測前後の積算値が線形的に変化している場合は除く)	
雨雪量			
河川流量		2 時間以上の欠測かつ欠測期間中における降水あり	タンクモデル
		欠測期間中における降水なし	欠測前後のデータによる線形補完

4. 観測結果

4.1 雨雪量

雨雪量は、東濃鉦山雨雪量計，柄石川雨雪量計（GRD：谷部）の2箇所で観測している。各観測地点では10分ごとにデータを回収し，日データ・月間データ・年間データを累積データとしてまとめた。2004年度～2007年度までの雨雪量の年間累積データを図4.1に示す。

図4.1から東濃鉦山流域，柄石川流域とも雨雪量は，ほぼ同じ雨雪量を観測しており，東濃鉦山流域と柄石川流域の雨雪量には相関性の高い傾向が見られる。

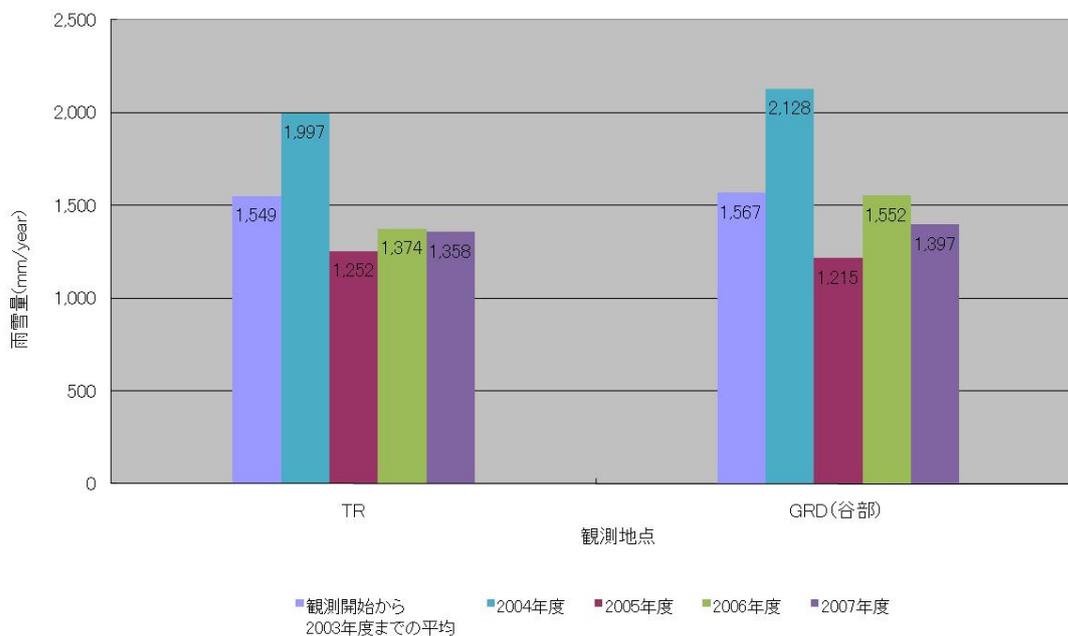


図 4.1 流域別年間累積雨雪量

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、本研究では、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⁹⁾¹⁰⁾。

蒸発散量を算出するための気象観測を東濃鉦山気象観測装置 (TMP) で実施している。ペンマン法によって必要な気象観測要素(風速・気温・湿度・日射・放射収支)を 10 分データで回収し、それを時間データ・日データ・月間データ・年間データを平均データとしてまとめた。図 4.2 に 2004 年度～2007 年度までの流域ごとの年間蒸発散量を示す。2004 年度～2007 年度まで観測開始から 2003 年度までの平均 (以下、平均) より少ない値を示している。

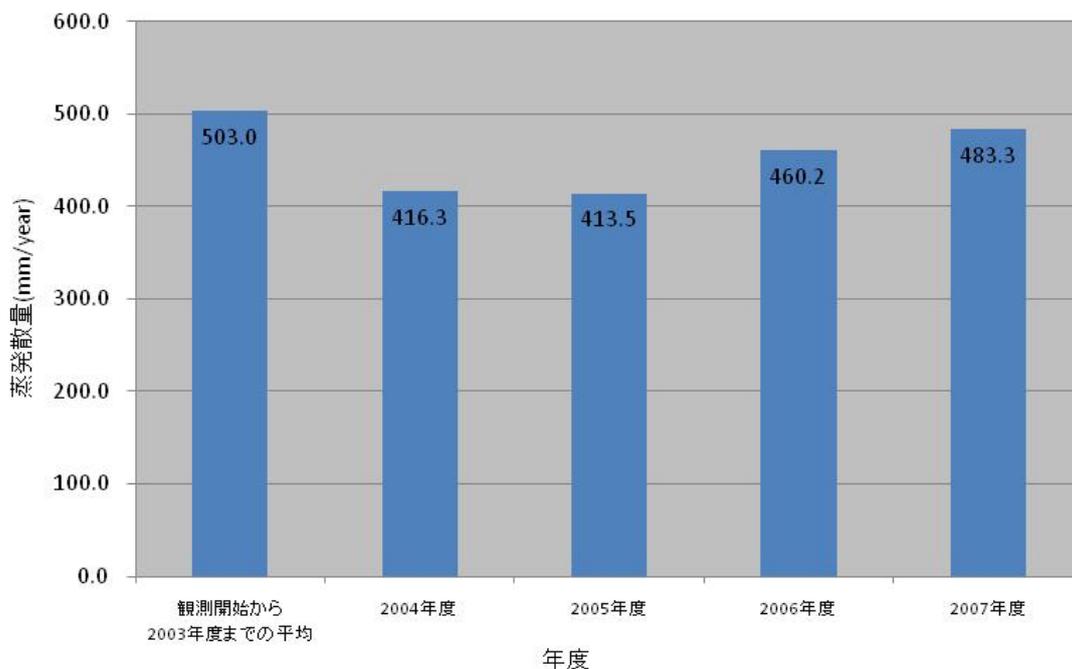


図 4.2 流域別年間蒸発散量

4.3 河川流量

河川流量観測は、柄石川下流（GPD）、日吉川流域（HRQ）の2箇所において実施している。各観測地点において、10分ごとにデータを回収し、それより河川流量・河川流出高を算出し、時間データ・日データ・月間データ・年間データを累積データとしてまとめた。日吉川流域においては、2002年度末に設置し、2003年度より観測を開始している。2004年度～2007年度までの流域ごとの年間河川流量を図4.3、流域ごとの年間河川流出高（河川流量を流域面積で除したもの）を図4.4に示す。

GPDは河川流量、河川流出高とも2004年度は平均以上、2005年度～2007年度は平均以下の値が観測された。HRQは、河川流量は2004年度～2006年度は平均以上、2007年度は平均以下の値を示し、河川流出高は2004年度、2006年度は平均以上、2005年度、2007年度は平均以下の値を示している。

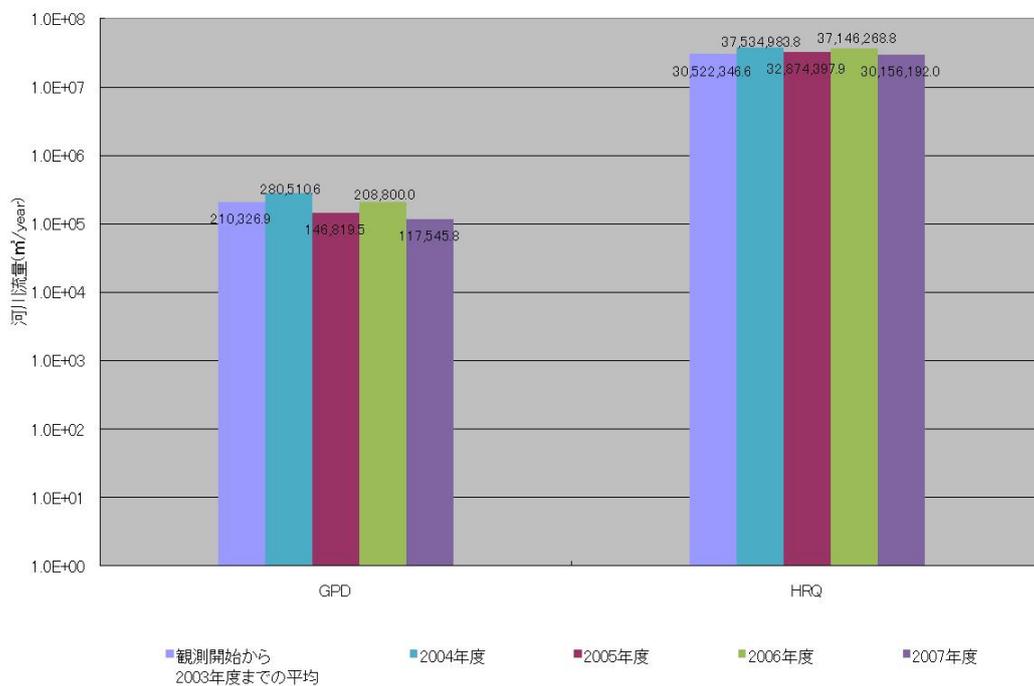


図 4.3 流域別年間河川流量

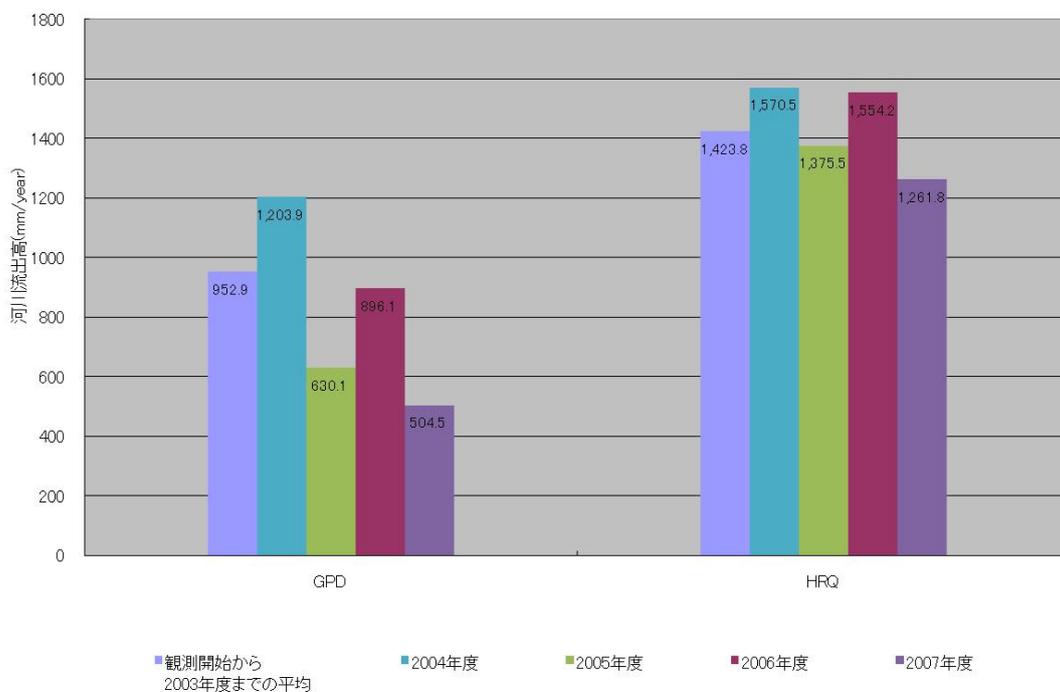


図 4.4 流域別年間河川流出高

4.4 地下水位

地下水位は、柄石川流域の1孔（99RT-01）で観測を実施している。図4.5に1時間ごとのデータを回収し、日データを日平均データとしてまとめた。地下水位は雨雪量に影響されると考えられるため、柄石谷部の雨雪量と併せて示す。

図4.5より、柄石川流域では、日雨雪量40mm以上の雨雪量に対応して顕著な変動が見られる。なお、2005年2月～5月までロガーの故障により長期の欠測がある。99RT-01の地下水位観測は2005年6月に急遽、他のボーリング孔においてここで使用していた計測機器を利用し地下水位を観測する必要となったため、観測を終了とした。

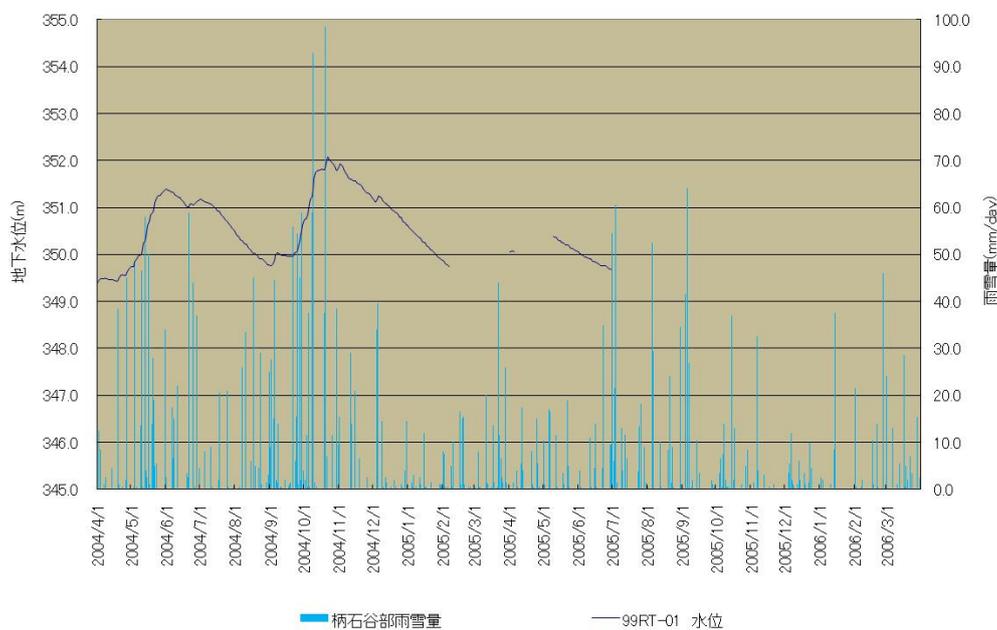


図 4.5 柄石川流域地下水位変動図

5. 電子ファイルの様式

「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について、観測年報⁴⁾⁵⁾⁶⁾で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。

0.1. 物理量への変換式

観測データセットには電圧値で得られたデータを物理値に変換をする変換式が組込まれている。表 5.1～5.5 に各観測機器の変換式を示す。

河川流量については優先順位の式に従い流量への変換を行い、欠測はしていないが測定限界を超えている場合は補完をし、補完の前後のデータは極端な相違がないように変換後の値が変換式により算出されても近似値になるデータまで補完を行っている。

表 5.1 物理量変換式 気象観測装置

観測点名	観測機器名	変換式	備考
東濃鉱山気象観測装置TMP	風車型風向風速計(m/s)	Y=X	
	気温計(°C)	Y=X	
	露点計(%)	Y=X	
	蒸発計(mm)	Y=X	
	日照計	Y=X	
	全天電気式日射計	Y=X	
	放射収支計	Y=X	
			X:電圧値 Y:物理値

表 5.2 物理量変換式 雨雪量計

観測点名	変換式	備考
東濃鉱山雨雪量計 (TR) (mm)	Y=X	
柄石川流域谷部雨雪量計 (GRD) (mm)	Y=0.5X	
		X:電圧値 Y:物理値

表 5.3 物理量変換式 柄石川河川流量計

観測点名	観測機器名	水位(mm)変換式	流量(m ³ /min)変換式	河川流量(m ³ /min)変換式		備考
				順位	条件式	
柄石川下流河川流量計GPD	1.5ftパースナルプリューム	$Y_1' = 200X$	$Y_1 = 1.541(Y_1' / 1.588 / 1000)$ $Y_2 = 5.76(Y_2' / 10) / 1000$	1	$0.968 \geq Y_2 > 0.011$	$Y = Y_2$
	2inパースナルプリューム	$Y_1' = 200X$		2	$Y_1 > 0.5$	$Y = Y_1$
						X:電圧値

表 5.4 物理量変換式 日吉川河川流量計

観測点名	観測機器名	水位(mm)変換式	流量(m ³ /min)変換式		河川流量(m ³ /min)変換式	備考
			順位	条件式		
日吉川河川流量計HRQ	水圧式水位検出器	$Y_1' = X$	1	$0.6301 > Y_1 > 0.01$	$Y_1 = 0.02 - 0.66Y_1' + 5.72Y_1'^2$ $Y_1 = 2.19 - 8.61Y_1' + 12.87Y_1'^2$	$Y = 60Y_1$
			2	$2 > Y_1 > 0.63$		
						X:電圧値

表 5.5 物理量変換式 柄石川流域地下水水位計

設置流域等	観測点名	センサーかぶり 変換式	センサー設置深度(Y ₂) (m)	管頭標高(Y ₃) (m)	水位(Y) (m)	備考
柄石川流域	99RT-01	$Y_1 = X$	30.116	366.020	$Y = Y_3 - Y_2 + Y_1$	

0.2. 補正・補完箇所の表示

補正・補完データセットには、補正または補完を実施した場所について、色を変更して表示した。表 5.6 に補正・補完箇所の表示方法の例を示す。

(1) 補正箇所

補正を実施した箇所は、赤字で表示した。

(2) 補完箇所

補完を実施した箇所は、青字で表示した。

表 5.6 補正・補完箇所の表示方法の例

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

0.3. フォルダ構造

それぞれのデータセットの構造を以下に示す。

(1) 観測データセット

観測データセットでは各観測項目で 10 分ごとの電圧データで回収したものを物理量データに変換している。地下水位についてはセンサーかぶりに変換をし、河川流量については水位(mm)に変換している。研究所用地の地下水位(04ME-01)は1時間ごとのデータを回収している。表 5.7 に観測データセットのファイル例を示す。観測データセットの DVD-ROM の内部フォルダ構造は表 5.8 に示す構成としている。以下、年度別に observed data set 2004~2007 と表示して分けている。

表 5.7 観測データセットのファイル例

日時	電圧値データ			物理量データ(mm)		
	GPD大ハースナル	GPD小ハースナル	柄石谷雨雪量計	GPD大ハースナル	GPD小ハースナル	柄石谷雨雪量計
2004/9/1 0:00	0.267	0.514	15311	53.4	102.8	7655.5
2004/9/1 0:10	0.267	0.518	15311	53.4	103.6	7655.5
2004/9/1 0:20	0.268	0.515	15311	53.6	103	7655.5
2004/9/1 0:30	0.269	0.511	15311	53.8	102.2	7655.5
2004/9/1 0:40	0.269	0.511	15311	53.8	102.2	7655.5
2004/9/1 0:50	0.268	0.512	15311	53.6	102.4	7655.5
2004/9/1 1:00	0.269	0.512	15311	53.8	102.4	7655.5
2004/9/1 1:10	0.269	0.509	15311	53.8	101.8	7655.5
2004/9/1 1:20	0.268	0.508	15311	53.6	101.6	7655.5
2004/9/1 1:30	0.269	0.507	15311	53.8	101.4	7655.5
2004/9/1 1:40	0.269	0.509	15311	53.8	101.8	7655.5
2004/9/1 1:50	0.268	0.508	15311	53.6	101.6	7655.5
2004/9/1 2:00	0.268	0.507	15311	53.6	101.4	7655.5

表 5.8 観測データセットのフォルダ構造の例

¥observed data set (観測データセットのフォルダ)

observed data set

observed data set 2004

東濃鉦山流域

東濃鉦山気象観測装置

日吉川流域

河川流量計 HRQ

柄石川流域

河川流量計 GPD (雨雪量 GRD 含む)

地下水位 99RT-01

(2) 補正・補完データセット

補正・補完データセットは観測データセットで変換された物理量データを雨雪量，気象観測及び河川流量は日データ・月間データとしてまとめ，地下水位及び土壌水分は時間データ・日データとしてまとめた。地下水位についてはセンサーかぶりから水位(mm)にまとめた。河川流量については水位(mm)から河川流量(m³ min⁻¹)及び河川流出高(mm year⁻¹)とまとめた。表 5.9 に補正・補完データセットのファイル例を示す。表 5.10 に補正・補完データセットのファイル例を示す。補正・補完データセットの DVD-ROM の内部フォルダ構造は表 5.5 に示す構成としている。以下，年度別に completed data set 2004～2007 と表示して分けている。

表 5.9 補正・補完データセットのファイル例

柄石川流域 積算降水量		柄石川流域 日降水量		柄石川流域 月降水量
時間	谷部雨量 (mm)	日付	谷部雨量 (mm)	谷部雨量 (mm)
2004/9/1 0:00	7655.5	2004/9/1	9.0	362.5
2004/9/1 0:10	7655.5	2004/9/2	27.5	
2004/9/1 0:20	7655.5	2004/9/3	0.0	
2004/9/1 0:30	7655.5	2004/9/4	15.0	
2004/9/1 0:40	7655.5	2004/9/5	44.5	
2004/9/1 0:50	7655.5	2004/9/6	2.0	
2004/9/1 1:00	7655.5	2004/9/7	1.5	
2004/9/1 1:10	7655.5	2004/9/8	14.0	
2004/9/1 1:20	7655.5	2004/9/9	0.0	
2004/9/1 1:30	7655.5	2004/9/10	0.5	
2004/9/1 1:40	7655.5	2004/9/11	0.5	
2004/9/1 1:50	7655.5	2004/9/12	0.0	
2004/9/1 2:00	7655.5	2004/9/13	0.0	
2004/9/1 2:10	7655.5	2004/9/14	2.0	
2004/9/1 2:20	7655.5	2004/9/15	0.0	
2004/9/1 2:30	7655.5	2004/9/16	0.0	
2004/9/1 2:40	7655.5	2004/9/17	0.5	
2004/9/1 2:50	7655.5	2004/9/18	1.0	
2004/9/1 3:00	7655.5	2004/9/19	1.5	
2004/9/1 3:10	7655.5	2004/9/20	0.0	
2004/9/1 3:20	7655.5	2004/9/21	56.0	
2004/9/1 3:30	7655.5	2004/9/22	0.0	
2004/9/1 3:40	7655.5	2004/9/23	6.0	
2004/9/1 3:50	7655.5	2004/9/24	15.5	
2004/9/1 4:00	7655.5	2004/9/25	54.5	
2004/9/1 4:10	7655.5	2004/9/26	1.0	
2004/9/1 4:20	7655.5	2004/9/27	45.0	
2004/9/1 4:30	7655.5	2004/9/28	2.0	
2004/9/1 4:40	7655.5	2004/9/29	59.0	
2004/9/1 4:50	7655.5	2004/9/30	4.0	

表 5.10 補正・補完データセットのフォルダ構造の例

¥completed data set (補正・補完データセットのフォルダ)
completed data set1
completed data set2004
東濃鉦山流域
雨雪量計 TR
東濃鉦山気象観測装置
日吉川流域
河川流量計 HRQ
柄石川流域
雨雪量計
河川流量計 GPD
地下水位計 99RT-01

6. おわりに

本データ集では、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で取得した、2004～2007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た。その結果、年度ごとにデータのバラつきが見られた。また、それらの相関性を把握することによって、広域での表層水理環境を理解することが可能となると考えられる。このため今後も観測を継続し、データの蓄積を図る予定である。

参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構：“広域地下水流動研究年度報告書(平成 16 年度)”，核燃料サイクル開発機構，JNC TN7400 2005-013(2005)
- 2) 小林公一，中野勝志，小出 馨：“表層水理観測システムによる水収支の算定 —岐阜県東濃鉦山におけるケーススタディー—”，動燃技報，No.97，pp.145-150 (1996)
- 3) 村田正敏，宮原智哉，小田川信哉：“日吉川流域・柄石川流域における面積雨量算出手法の検討”，サイクル機構契約業務報告，JNC TJ7400 2005-048(2004)
- 4) サイクル機構：“1989～2000 年度 表層水理観測年報（データ集）”
JNC TN7450 2002-002 (2002)
- 5) サイクル機構：“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）” JNC TN7450 2005-004 (2005)
- 6) サイクル機構：“広域地下水流動計画における表層水理観測年報 —2001～2003 年度（データ集）” JNC TN7450 2005-005 (2005)
- 7) 菅原正巳：“流出解析法”，共立出版（1972）
- 8) 斉藤庸，坂森計則，石崎俊一：“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)
- 9) 建設省河川局監修：“地下水調査及び観測指針（案）”，山海堂，（1993）
- 10) 山内大祐，宮原智哉，竹内真司，小田川信哉：“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，pp.103-114 (2000)

This is a blank page.

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	(数字の) 1	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電流量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
放射線量	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射線種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についての、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² = s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ¹ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ² m ⁻² kg s ⁻³ = m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ = kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1L=1l=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
ファ	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≐ (10 ³ /4π)A m ⁻¹

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≐」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

