第3章 データ品質チェック

3.1 収集データの概要

JICA 調査チームは、水循環モデル構築と改良に必要なデータおよび情報を ULRP に請求し、オルミエ湖流域のターゲットエリア（南部、西部、東部）のデータおよび情報が、調査チームに提供された。表 3.1.1 にデータおよび情報の一覧を示す。提供されたデータおよび情報に基づいて、調査チームは水循環モデルを段階的に構築および改良し、オルミエ湖救済プログラムを評価した。2017 年 2 月の JICA、MOE、ULRP の議事録（MM）における合意のもと水循環モデルの改善作業が実施された。

表 3.1.1　ULRP から提供されたデータおよび情報

No.	Classification	Details	Approach for Application to Hydrological Cycle Model
1	Intake point and water amount	➢ Location of water intake point (such as weir) and intake water amount provided to Modern/ Semi-Modern irrigation scheme ➢ Location of intake facilities for traditional irrigation scheme and its intake amount installed along main river in the Urmia Lake Basin ➢ Location of well and water intake amount ➢ Information on illegal water intake	➢ Observed data (time series data) is to be input into the model at specified points ➢ Location of wells are input into the model, at which time series data of groundwater abstraction is to be input.
2	Evaporation and Evapotranspiration	➢ Estimated evapotranspiration using satellite image analysis calculated by Iranian side ➢ Estimated evapotranspiration using climatological data calculated by Iranian side (time series data for long period is desirable) *This data is to be provided by the Iranian side ➢ Land use map distinguishable between agricultural area and others	➢ Based on land use classification, the following time series of water demands are to be input into the model: (1) Agricultural water demand with irrigation loss for agricultural land (2) Aerial evapotranspiration for non-agricultural land
		➢ Evaporation from lake water surface (Pan evaporation at the climatological station adjacent to the Urmia Lake)	➢ Observed evaporation is to be applied with modification for estimation of that from lake surface
3	Dam	➢ Hydrological data at primary dams -Discharge for sectors -Inflow discharge into dam -Inventory list of dams	➢ Discharge from dams are to be input as upper boundary condition of river channel model
4	Topology of Lake bed	➢ Bathymetry survey result ➢ (Data surveyed in 2013 and in 2015 at the latest)	➢ Topological data of lake bed is to be combined with land topological data
5	Additional hydrological data	➢ Hydrological data updated since the previous survey -Daily rainfall -Daily discharge -Daily lake water level -Daily groundwater level *In the previous survey, data observed between 1980 and 2011 was collected.	➢ Daily rainfall data is to be converted into sub-basin average rainfall by the Thiessen method ➢ Remaining three data are to be utilized for verification of the calibrated hydrological cycle model
6	Geological information	➢ The data/information found in the formulation survey for detailed plan of the Survey -Information on geology and aquifer -Depth of geological layer -Hydrogeological parameter (e.g. hydraulic conductivity, specific storage coefficient, soil porosity)	➢ Geological conceptual model developed by URLP with outsourcing is to be provided to the JICA Survey Team

3.2　収集データの適用性チェック

収集されたデータの適用性の詳細なチェックは、ULRP によって提供された直後に実行された。データ欠測状況と精度の観点から水循環モデルの改良に有用かどうかの適用性に焦点を合わせた。データのチェック結果は ULRP と共有され、モデルを改良するために収集されたデータの質的・量的不足の場合、調査チームと ULRP は、追加のデータや代替アプローチなどの適切な対策を検討および決定した。これらのデータチェックは、各対象地域（南部、西部、東部）の水循環モデルが構築される前に行われた。

水循環モデリングでは、収集されたデータの量と質が、構築されたモデルの精度に大きく影響する。データ収集の状況とともに、ULRP と調査チームは検証期間とモデルの限界について協議しデータの制限について協議を行っている。現地調査において収集可能なデータ期間（キャリブレーションと検証の期間）が対象となり、データ品質は表 3.2.1 に示すような視点で確認および分析された。

モデリングに必要なデータ、特に水文気象、水利用、地形、地質、土地利用、河川ネットワーク、湖の地形、観測所の位置、河川横断、河川横断位置、河川構造物の位置および規模等の情報の正確性が確認・分析された。収集データに不正確または欠落しているデータがある場合、調査チームは ULRP と協議の上、データ収集項目の変更、破棄、補間を検討しこれを実施した。

水利用に関する情報は、有用な水循環モデルを構築するには情報の質または量が十分ではなかったため、灌漑地域からの蒸発散量を衛星画像によって推定し、このデータを水利用量として水循環モデルに入力する手法が採用された。当初、METRIC 法で推定された蒸発散量のデータはイラン国側から提供されたものの、METRIC 法による計算過程を確認した結果、イラン国側への技術指導が必要であることが判明し、調査チームの支援の基、イラン国側が蒸発散量データの改良を継続的に実施することとなった。

表 3.2.1　収集データのチェックポイント

Items	Checkpoints
Intake Point and Quantity of Water Intake	Check the validity of quantity of water intake by comparing irrigation schemes, intake points and relevant plans on GIS
Evapotranspiration and Pan Evaporation	Check the calculation process of evapotranspiration *Since the amount of pan evaporation has an error of about 30%, the data will be used as checking order of magnitude.
Dam Operation	Check the amount of water supply for each water-use sector by comparing planned values and actual values *1.4 times of annual water supply from the dams was input as the amount of water use in the previous survey.
Topography of Urmia Lake bed	Topography of Urmia Lakebed will be integrated to the whole topography data. Although the topographic survey data in 2010 have been collected, the topography of Urmia Lakebed has already changed by sedimentation so that the relation between storage and water level has also changed. Therefore, the latest survey data shall be obtained as much as possible.
Additional Hydrological Data	In addition to the collected hydrological data (from 1980 to 2013) in the previous survey, outlier detection and check of secular change of hydrological characteristics in Urmia Lake basin shall be conducted over the whole period.
Subsurface Structure	Estimate distribution of main confined aquifer from the points of boring survey and the location of groundwater measurement and depth of screen.

3.2.1　取水地点と取水量

調査チームは、取水地点と取水量の GIS データベースを収集した。このデータは、2008 年から 2013 年までの水の使用量に関する調査結果である。6 つの取水方法（井戸、小河川、モーターポンプ、運河、水路、湧水）のそれぞれについて、緯度、経度、仕様、取水地点の水利用目的、取水量等がデータベースに格納されている。しかし、このデータは調査地域全体を網羅しているわけではなく、調査期間は 2008 年から 2013 年であるため、時系列を整理することは困難であった。水循環モデルの精度を高めるためには、取水量の把握が重要である。

本調査では、METRIC 法により作成された衛星画像による蒸発散量の推定から、違法取水を含む総取水量を算出した。したがって、この取水量の GIS データベースは参考データとして扱う。参考までに、6 つの取水方法における各水使用目的の取水点を図 3.2.1 に、それぞれの取水量と平均取水量を表 3.2.2 に示す。農業利用が最も頻繁であり、流域の水利用特性が表現されている。

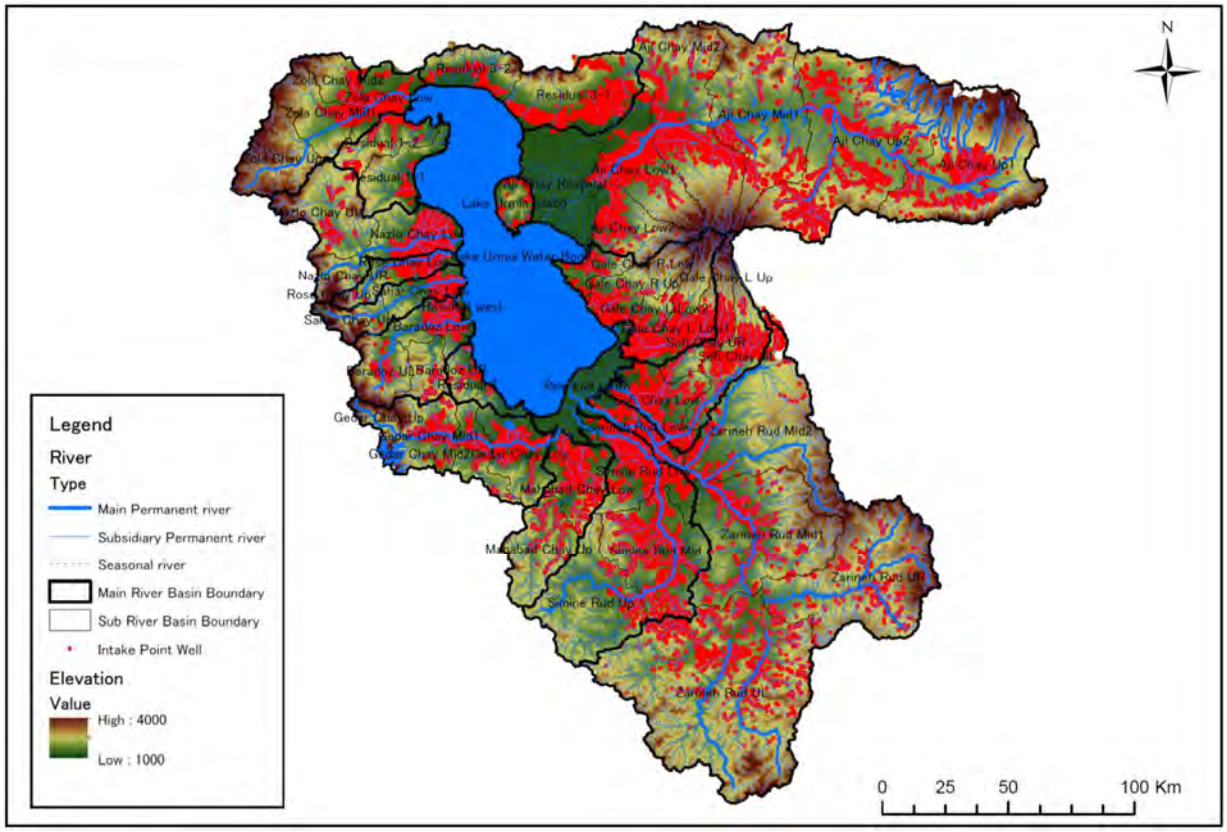


図 3.2.1　　取水地点位置図（井戸）(1/6)

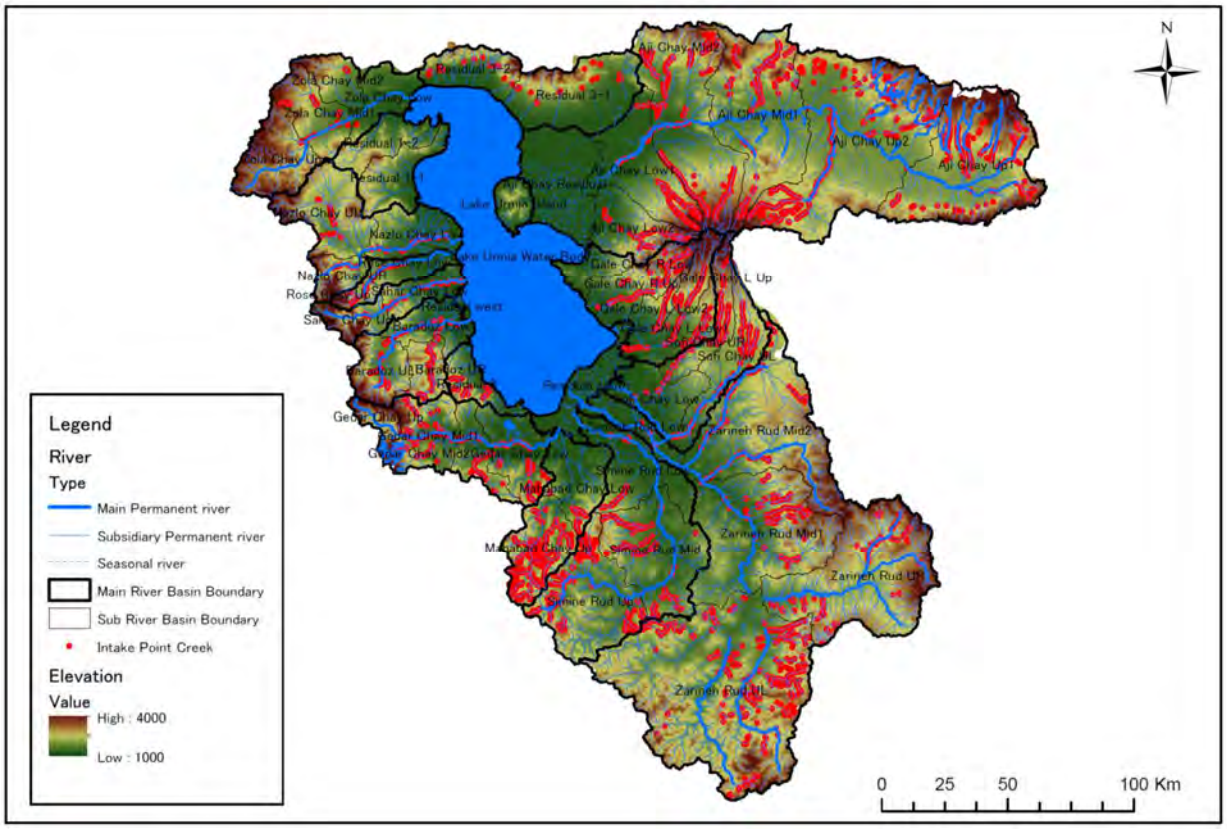


図 3.2.1　　取水地点位置図（小河川）（2/6）

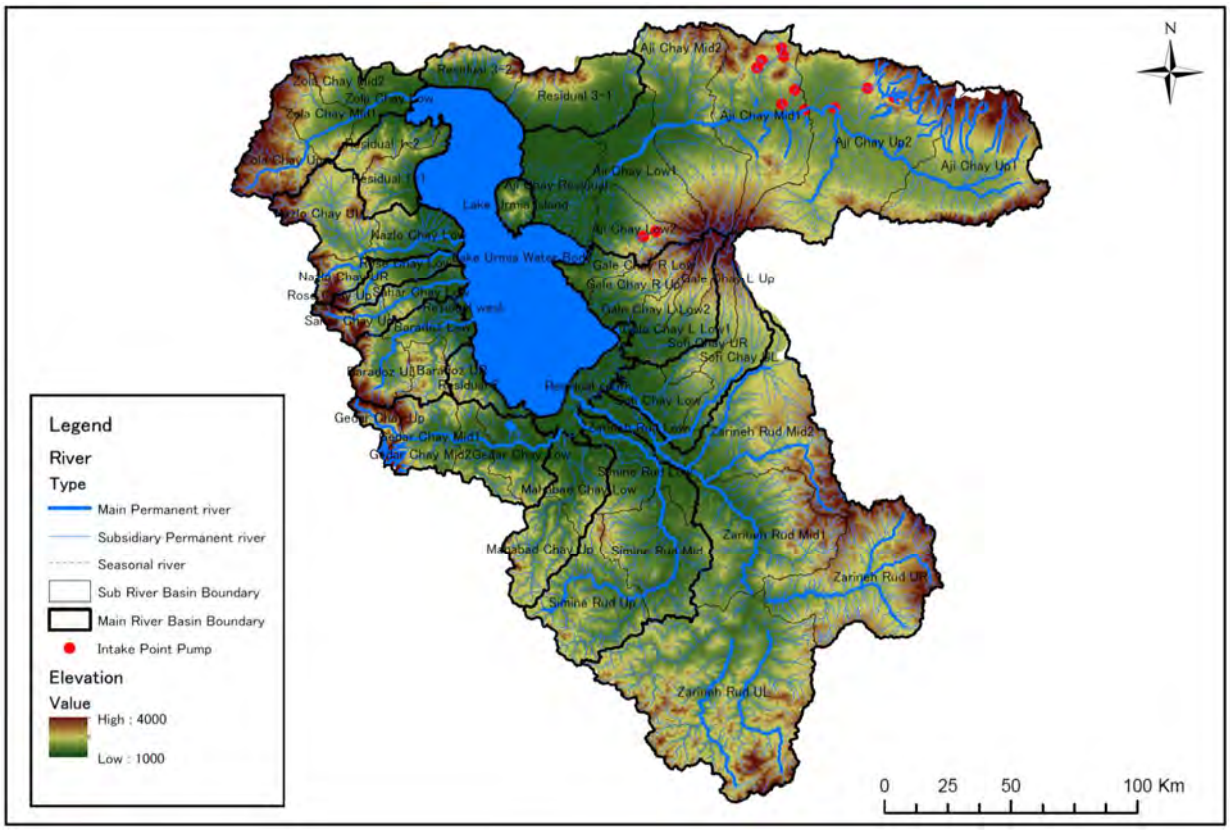


図 3.2.1　　取水地点位置図（ポンプ取水）（3/6）

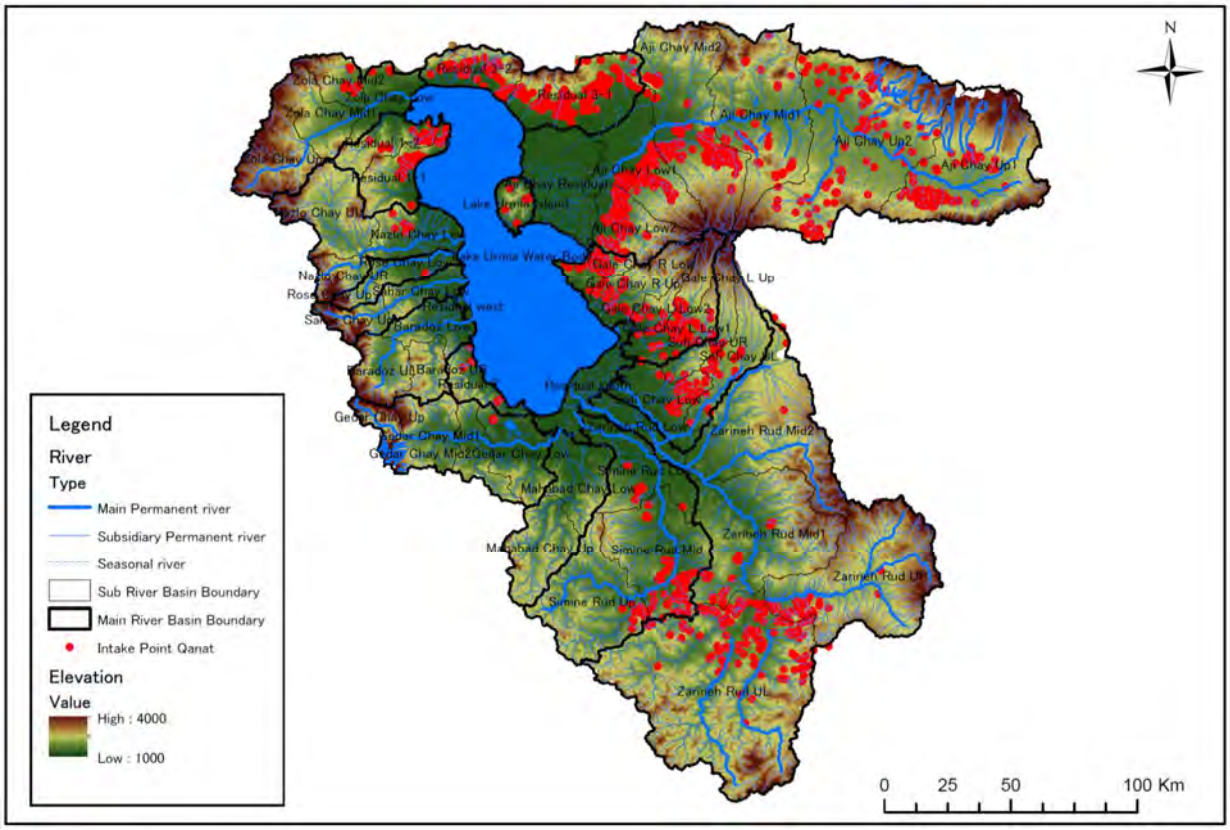


図 3.2.1　　取水地点位置図（運河）（4/6）

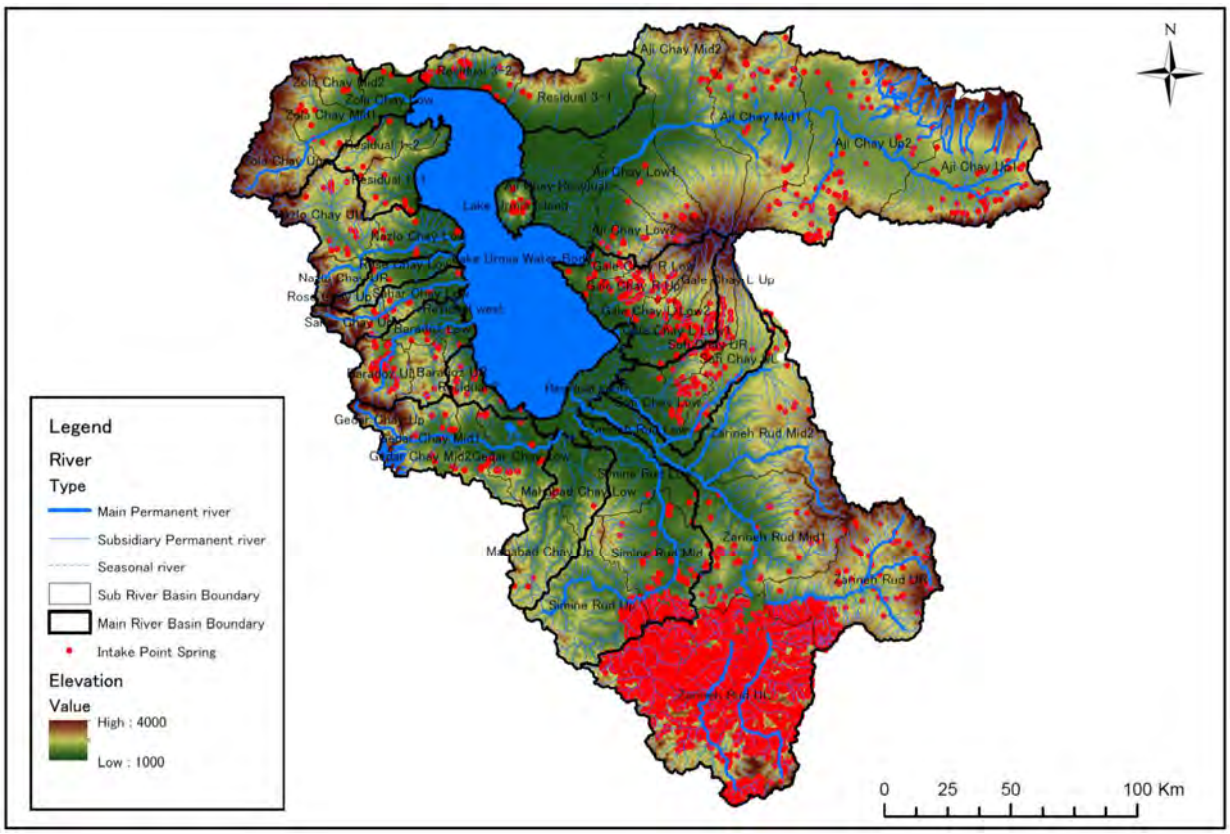


図 3.2.1　　取水地点位置図（湧水）（5/6）

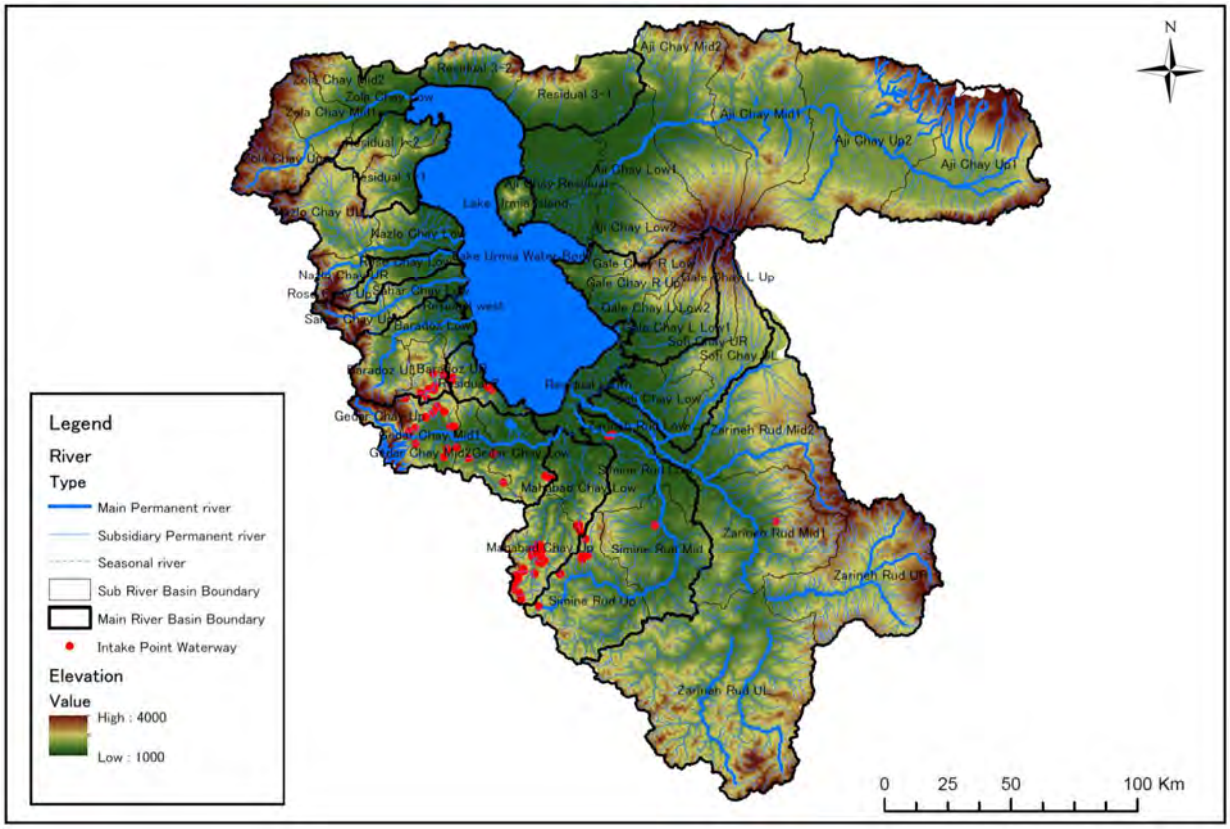


図 3.2.1　　取水地点位置図（小水路）（6/6）

表 3.2.2　小流域別取水地点数（井戸）(1/4)

No	Basin. Name	Agricultural		Aquaculture		green House		Green Spaces		Industry		Livestock and poultry		Medical plants		Packaging		Rural Drinking		Services		Urban Drinking		Total	
		Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number	Intake Volume (MCM/year)	Number
1	Zola Chay Low	40.61	274	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.23	4	0.03	11	0.00	0	0.00	0	2.22	12	0.00	2	0.00	0	43.10	304
2	Zola Chay Mid2	16.15	71	0.00	0	0.00	0	0.14	3	0.02	6	0.03	11	0.00	0	0.00	0	1.85	10	0.02	4	2.64	16	20.84	121
3	Zola Chay Mid1	34.18	169	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.02	3	0.01	3	0.00	0	0.00	0	1.46	8	0.00	2	0.06	2	35.72	187
4	Zola Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
5	Residual1-2	15.74	69	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.04	1	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.41	3	0.00	0	0.00	0	16.19	74
6	Residual1-1	14.76	72	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.00	2	0.00	0	0.00	0	0.34	4	0.00	0	0.05	1	15.15	81
7	Nazlo Chay Low	62.19	4,658	0.18	4	0.00	3	0.02	6	0.41	32	0.33	104	0.00	0	0.00	0	0.35	67	0.01	5	0.16	1	63.64	4,880
8	Nazlo Chay UL	9.36	239	0.84	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.13	23	0.00	0	0.06	3	10.40	268
9	Nazlo Chay UR	0.18	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.15	1	0.00	0	0.00	0	0.33	6
10	Rose Chay Low	25.32	1,466	0.00	2	0.01	2	0.02	2	0.06	64	0.00	23	0.00	0	0.00	0	0.35	77	0.01	5	0.00	2	25.77	1,643
11	Rose Chay Up	0.38	12	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.04	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.42	14
12	Sahar Chay Low	15.05	3,663	0.03	3	0.00	0	0.00	3	0.16	37	0.06	19	0.00	0	0.00	0	0.63	40	0.01	9	0.14	2	16.08	3,776
13	Sahar Chay Up	0.16	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.10	1	0.00	0	0.00	2	0.26	6
14	Baradoz Low	32.93	3,131	3.05	25	0.03	3	0.17	1	2.71	73	0.64	70	0.00	0	0.00	0	0.73	60	0.06	6	0.00	0	40.33	3,369
15	Baradoz UR	3.96	148	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.00	0	0.00	0	3.96	150
16	Baradoz UL	2.85	191	1.43	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.05	30	0.00	0	0.00	0	4.33	224
17	Residual2	4.24	269	0.25	8	0.00	0	0.00	0	0.00	3	0.02	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	4.51	285
18	Gedar Chay Low	26.89	1,228	0.25	1	0.06	3	0.04	2	0.03	2	0.12	19	0.00	0	0.00	0	0.42	2	0.00	0	0.00	0	27.82	1,257
19	Gedar Chay Mid2	17.13	630	0.64	2	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.01	3	0.00	0	0.00	0	0.66	2	0.00	0	0.00	0	18.45	638
20	Gedar Chay Mid1	39.69	856	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.27	7	0.07	7	0.00	0	0.00	0	0.60	12	0.00	0	0.14	2	40.77	885
21	Gedar Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
22	Mahabad Chay Low	14.81	2,329	0.00	1	0.00	1	0.00	3	0.14	19	0.03	26	0.00	0	0.00	0	0.23	11	0.00	0	0.00	1	15.21	2,391
23	Mahabad Chay Up	1.56	157	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.01	3	0.00	0	0.00	0	0.06	9	0.00	0	0.00	0	1.63	171
24	Simine Rud Low	101.29	3,946	0.00	1	0.00	1	0.02	1	0.37	13	0.31	1	0.00	0	0.07	9	2.08	43	0.00	2	1.55	19	105.70	4,036
25	Simine Rud Mid	45.85	2,231	0.00	1	0.09	2	0.16	22	0.97	48	0.34	43	0.01	1	0.00	0	1.51	43	0.21	36	0.25	4	49.39	2,431
26	Simine Rud Up	2.81	164	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.02	1	0.00	0	0.00	0	0.39	13	0.00	0	0.00	0	3.21	178
27	Zarineh Rud Low	22.59	1,549	1.80	5	0.14	3	0.27	9	0.04	2	0.14	2	0.00	0	0.08	20	0.14	3	0.03	13	1.77	6	27.00	1,612
28	Zarineh Rud Mid1	39.60	1,813	0.74	3	0.00	0	0.14	2	0.26	15	0.49	36	0.00	0	0.00	0	1.43	21	0.27	5	1.05	3	43.99	1,898
29	Zarineh Rud Mid2	23.98	1,138	0.00	1	0.05	1	0.00	0	0.02	1	0.06	9	0.00	0	0.00	0	0.10	11	0.00	3	0.25	1	24.47	1,165
30	Zarineh Rud UR	3.15	377	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.02	5	0.03	6	0.00	0	0.00	0	0.18	10	0.02	2	0.00	0	3.40	400
31	Zarineh Rud UL	13.81	1,127	0.00	0	0.02	1	0.00	0	0.56	14	0.94	61	0.00	0	0.01	1	3.40	143	0.61	17	0.08	4	19.44	1,368
32	Sofi Chay Low	23.56	4,563	0.06	1	0.00	0	0.03	3	0.28	29	0.13	29	0.00	0	0.00	0	0.79	17	0.13	23	0.61	10	25.60	4,675
33	Sofi Chay UR	28.04	1,852	0.12	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.07	15	0.00	0	0.00	0	0.11	2	0.01	1	0.00	0	28.34	1,872
34	Sofi Chay UL	9.23	1,033	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.04	4	0.01	2	0.00	0	0.00	0	0.34	8	0.02	3	0.00	0	9.63	1,050
35	Gale Chay L Low2	0.42	169	0.00	0	0.00	0	0.04	2	0.18	18	0.05	5	0.00	0	0.00	0	0.01	1	0.00	4	0.00	0	0.71	199
36	Gale Chay L Low1	52.01	5,630	0.85	5	0.00	1	0.55	24	0.39	37	0.71	64	0.00	0	0.00	0	1.18	25	0.12	8	0.74	12	56.55	5,806
37	Gale Chay L Up	0.91	145	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.91	146
38	Gale Chay R Up	22.96	784	0.00	0	0.00	0	0.49	7	0.24	17	0.03	14	0.00	0	0.00	0	2.00	27	0.00	1	2.08	12	27.81	862
39	Gale Chay R Low	3.59	265	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.01	2	0.00	0	0.00	0	0.03	5	0.01	1	0.06	1	3.72	276
40	Aji Chay Low2	22.31	671	0.00	0	0.00	0	0.57	11	0.10	120	0.69	84	0.00	0	0.00	0	1.73	16	0.02	6	0.89	12	26.31	920
41	Aji Chay Low1	80.01	1,023	0.00	0	0.02	3	0.94	23	1.41	235	0.64	43	0.00	0	0.00	0	3.47	29	0.46	55	5.10	15	92.04	1,426
42	Aji Chay Mid2	28.75	1,084	0.03	1	0.02	3	8.89	141	2.09	458	0.26	64	0.00	0	0.00	0	4.81	28	0.72	110	7.15	46	52.72	1,935
43	Aji Chay Mid1	3.54	326	0.04	3	0.03	4	0.18	10	1.36	44	0.62	19	0.00	1	0.00	0	1.62	7	0.09	15	9.03	16	16.52	445
44	Aji Chay Up2	60.68	1,632	0.00	1	0.01	2	0.09	6	0.37	17	0.14	19	0.00	0	0.00	0	4.36	39	0.10	5	2.52	12	68.26	1,733
45	Aji Chay Up1	95.36	850	0.35	2	0.00	0	0.04	7	0.52	10	0.11	22	0.00	0	0.00	0	4.05	39	0.03	6	4.68	9	105.13	945
46	Aji Chay Residual	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
91	Residual3-1	64.16	777	0.23	2	0.00	1	0.42	11	0.91	28	0.48	35	0.00	0	0.00	0	4.17	20	0.12	8	3.01	11	73.51	893
92	Residual3-2	15.03	118	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.04	1	0.04	2	0.00	0	0.00	0	0.16	2	0.00	0	0.87	3	16.16	128
93	Lake Urmia Island	3.78	232	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.16	1	0.00	1	0.00	0	3.94	234
94	Lake Urmia Water Body	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1
95	Residual south	0.27	10	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.27	10
96	Residual west	0.05	25	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	6	0.00	0	0.00	0	0.05	31
	Total	**1,145.87**	**53,174**	**10.90**	**80**	**0.51**	**38**	**13.27**	**301**	**14.32**	**1,375**	**7.67**	**884**	**0.01**	**2**	**0.16**	**30**	**48.96**	**934**	**3.08**	**359**	**44.94**	**228**	**1,289.68**	**57,405**

表 3.2.2　小流域別取水地点数（左: 小河川、右:ポンプ取水）(2/4)

No	Basin. Name	Agricultural		Aquaculture		Domestic		Industry		Others		Total	
		Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number
1	Zola Chay Low	46.53	47	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	9.31	47
2	Zola Chay Mid2	22.16	22	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	4.43	22
3	Zola Chay Mid1	43.90	44	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	8.78	44
4	Zola Chay Up	39.26	39	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	7.85	39
5	Residual 1-2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
6	Residual 1-1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
7	Nazlo Chay Low	656.60	657	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	131.32	657
8	Nazlo Chay UL	68.74	69	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	13.75	69
9	Nazlo Chay UR	50.91	51	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	10.18	51
10	Rose Chay Low	84.03	70	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	16.81	70
11	Rose Chay Up	57.73	58	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	11.55	58
12	Sahar Chay Low	159.71	160	0.00	0	280.00	280	0.00	0	0.00	0	87.94	440
13	Sahar Chay Up	133.25	133	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	26.65	133
14	Baradoz Low	486.71	487	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	97.34	487
15	Baradoz UR	40.28	40	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	8.06	40
16	Baradoz UL	70.36	70	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	14.07	70
17	Residual 2	19.06	19	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	3.81	19
18	Gedar Chay Low	46.53	80	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	9.31	80
19	Gedar Chay Mid2	61.60	62	38.81	39	0.00	0	0.00	0	0.00	0	20.08	100
20	Gedar Chay Mid1	139.26	139	121.23	121	0.00	0	151.70	152	0.00	0	82.44	412
21	Gedar Chay Up	21.60	22	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	4.32	22
22	Mahabad Chay Low	18.17	23	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	3.63	23
23	Mahabad Chay Up	13.27	445	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	2.65	445
24	Simine Rud Low	16.40	12	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	3.28	12
25	Simine Rud Mid	33.66	34	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	6.73	34
26	Simine Rud Up	23.70	121	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	4.74	121
27	Zarineh Rud Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
28	Zarineh Rud Mid1	51.60	52	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	10.32	52
29	Zarineh Rud Mid2	38.06	62	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	7.61	62
30	Zarineh Rud UR	13.87	14	16.00	16	0.00	0	0.00	0	0.00	0	5.97	30
31	Zarineh Rud UL	5.85	53	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.17	53
32	Sofi Chay Low	71.79	14	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	14.36	14
33	Sofi Chay UR	49.87	78	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	9.97	78
34	Sofi Chay UL	24.79	75	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	4.96	75
35	Gale Chay L Low2	39.07	27	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	7.81	27
36	Gale Chay L Low1	54.16	70	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	10.83	70
37	Gale Chay L Up	10.41	79	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	2.08	79
38	Gale Chay R Up	26.04	140	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	5.21	140
39	Gale Chay R Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
40	Aji Chay Low2	27.62	90	0.00	0	0.00	0	0.00	0	300.00	1	65.52	91
41	Aji Chay Low1	19.33	133	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	3.87	133
42	Aji Chay Mid2	17.97	338	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	3.59	339
43	Aji Chay Mid1	11.34	165	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	2.27	165
44	Aji Chay Up2	20.51	351	0.00	0	0.00	0	0.00	0	30.00	2	10.10	353
45	Aji Chay Up1	50.47	244	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	10.09	244
46	Aji Chay Residual	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
91	Residual 3-1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
92	Residual 3-2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
93	Lake Urmia Island	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
94	Lake Urmia Water Body	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
95	Residual south	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
96	Residual west	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Total		-	**4,888**	-	**176**	-	**280**	-	**152**	-	**4**	-	**5,499**

No	Basin. Name	Agricultural		Total	
		Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number
1	Zola Chay Low	0.00	0	0.00	0
2	Zola Chay Mid2	0.00	0	0.00	0
3	Zola Chay Mid1	0.00	0	0.00	0
4	Zola Chay Up	0.00	0	0.00	0
5	Residual 1-2	0.00	0	0.00	0
6	Residual 1-1	0.00	0	0.00	0
7	Nazlo Chay Low	0.00	0	0.00	0
8	Nazlo Chay UL	0.00	0	0.00	0
9	Nazlo Chay UR	0.00	0	0.00	0
10	Rose Chay Low	0.00	0	0.00	0
11	Rose Chay Up	0.00	0	0.00	0
12	Sahar Chay Low	0.00	0	0.00	0
13	Sahar Chay Up	0.00	0	0.00	0
14	Baradoz Low	0.00	0	0.00	0
15	Baradoz UR	0.00	0	0.00	0
16	Baradoz UL	0.00	0	0.00	0
17	Residual 2	0.00	0	0.00	0
18	Gedar Chay Low	0.00	0	0.00	0
19	Gedar Chay Mid2	0.00	0	0.00	0
20	Gedar Chay Mid1	0.00	0	0.00	0
21	Gedar Chay Up	0.00	0	0.00	0
22	Mahabad Chay Low	0.00	0	0.00	0
23	Mahabad Chay Up	0.00	0	0.00	0
24	Simine Rud Low	0.00	0	0.00	0
25	Simine Rud Mid	0.00	0	0.00	0
26	Simine Rud Up	0.00	0	0.00	0
27	Zarineh Rud Low	0.00	0	0.00	0
28	Zarineh Rud Mid1	0.00	0	0.00	0
29	Zarineh Rud Mid2	0.00	0	0.00	0
30	Zarineh Rud UR	0.00	0	0.00	0
31	Zarineh Rud UL	0.00	0	0.00	0
32	Sofi Chay Low	0.00	0	0.00	0
33	Sofi Chay UR	0.00	0	0.00	0
34	Sofi Chay UL	0.00	0	0.00	0
35	Gale Chay L Low2	0.00	0	0.00	0
36	Gale Chay L Low1	0.00	0	0.00	0
37	Gale Chay L Up	0.00	0	0.00	0
38	Gale Chay R Up	0.00	0	0.00	0
39	Gale Chay R Low	0.00	0	0.00	0
40	Aji Chay Low2	11.00	11	11.00	11
41	Aji Chay Low1	0.00	0	0.00	0
42	Aji Chay Mid2	0.00	0	0.00	0
43	Aji Chay Mid1	5.86	6	5.86	6
44	Aji Chay Up2	3.00	3	3.00	3
45	Aji Chay Up1	0.00	0	0.00	0
46	Aji Chay Residual	0.00	0	0.00	0
91	Residual 3-1	0.00	0	0.00	0
92	Residual 3-2	0.00	0	0.00	0
93	Lake Urmia Island	0.00	0	0.00	0
94	Lake Urmia Water Body	0.00	0	0.00	0
95	Residual south	0.00	0	0.00	0
96	Residual west	0.00	0	0.00	0
Total		-	**20**	-	**20**

表 3.2.2　　小流域別取水地点数（左: 小水路、右:運河）

No	Basin. Name	Agricultural		Total	
		Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number
1	Zola Chay Low	0.00	0	0.00	0
2	Zola Chay Mid2	0.00	0	0.00	0
3	Zola Chay Mid1	0.00	0	0.00	0
4	Zola Chay Up	0.00	0	0.00	0
5	Residual 1-2	0.00	0	0.00	0
6	Residual 1-1	0.00	0	0.00	0
7	Nazlo Chay Low	0.00	0	0.00	0
8	Nazlo Chay UL	0.00	0	0.00	0
9	Nazlo Chay UR	0.00	0	0.00	0
10	Rose Chay Low	0.00	0	0.00	0
11	Rose Chay Up	0.00	0	0.00	0
12	Sahar Chay Low	0.00	0	0.00	0
13	Sahar Chay Up	0.00	0	0.00	0
14	Baradoz Low	0.00	0	0.00	0
15	Baradoz UR	1.14	11	1.14	11
16	Baradoz UL	0.00	0	0.00	0
17	Residual 2	0.60	6	0.60	6
18	Gedar Chay Low	1.50	3	1.50	3
19	Gedar Chay Mid2	2.03	2	2.03	2
20	Gedar Chay Mid1	26.49	11	26.49	11
21	Gedar Chay Up	0.00	0	0.00	0
22	Mahabad Chay Low	0.39	7	0.39	7
23	Mahabad Chay Up	0.31	23	0.31	23
24	Simine Rud Low	0.83	2	0.83	2
25	Simine Rud Mid	0.58	1	0.58	1
26	Simine Rud Up	0.27	5	0.27	5
27	Zarineh Rud Low	0.00	0	0.00	0
28	Zarineh Rud Mid1	28.94	1	28.94	1
29	Zarineh Rud Mid2	0.00	0	0.00	0
30	Zarineh Rud UR	0.00	0	0.00	0
31	Zarineh Rud UL	0.00	0	0.00	0
32	Sofi Chay Low	0.00	0	0.00	0
33	Sofi Chay UR	0.00	0	0.00	0
34	Sofi Chay UL	0.00	0	0.00	0
35	Gale Chay L Low2	0.00	0	0.00	0
36	Gale Chay L Low1	0.00	0	0.00	0
37	Gale Chay L Up	0.00	0	0.00	0
38	Gale Chay R Up	0.00	0	0.00	0
39	Gale Chay R Low	0.00	0	0.00	0
40	Aji Chay Low2	0.00	0	0.00	0
41	Aji Chay Low1	0.00	0	0.00	0
42	Aji Chay Mid2	0.00	0	0.00	0
43	Aji Chay Mid1	0.00	0	0.00	0
44	Aji Chay Up2	0.00	0	0.00	0
45	Aji Chay Up1	0.00	0	0.00	0
46	Aji Chay Residual	0.00	0	0.00	0
91	Residual 3-1	0.00	0	0.00	0
92	Residual 3-2	0.00	0	0.00	0
93	Lake Urmia Island	0.00	0	0.00	0
94	Lake Urmia Water Body	0.00	0	0.00	0
95	Residual south	0.00	0	0.00	0
96	Residual west	0.00	0	0.00	0
Total		**63.07**	**72**	**63.07**	**72**

No	Basin. Name	Agricultural		Green Spaces		Industry		Livestock and poultry		Rural Drinking		services		Urban Drinking		Others		Total	
		Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number
1	Zola Chay Low	1.25	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.16	4
2	Zola Chay Mid2	2.94	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.50	1	0.56	6
3	Zola Chay Mid1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
4	Zola Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
5	Residual 1-2	1.08	20	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.30	1	0.00	0	0.00	0	0.10	2	0.31	23
6	Residual 1-1	1.56	27	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.50	1	0.00	0	0.00	0	1.35	2	0.43	30
7	Nazlo Chay Low	16.38	4	0.00	0	0.00	0	0.30	1	1.20	1	0.00	0	0.00	0	0.30	1	2.27	7
8	Nazlo Chay UL	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
9	Nazlo Chay UR	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
10	Rose Chay Low	6.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.75	1
11	Rose Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
12	Sahar Chay Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
13	Sahar Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
14	Baradoz Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
15	Baradoz UR	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
16	Baradoz UL	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
17	Residual 2	6.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	7.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.63	2
18	Gedar Chay Low	1.50	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.19	3
19	Gedar Chay Mid2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
20	Gedar Chay Mid1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
21	Gedar Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
22	Mahabad Chay Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
23	Mahabad Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
24	Simine Rud Low	2.18	7	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.25	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.30	8
25	Simine Rud Mid	2.41	17	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.32	5	0.00	0	0.00	0	0.28	3	0.38	25
26	Simine Rud Up	0.40	11	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.30	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.09	13
27	Zarineh Rud Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
28	Zarineh Rud Mid1	2.23	21	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.28	21
29	Zarineh Rud Mid2	0.40	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.05	1
30	Zarineh Rud UR	3.00	35	0.00	0	0.00	0	0.00	0	2.00	8	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.63	43
31	Zarineh Rud UL	0.45	105	0.00	0	0.00	0	0.21	7	0.42	17	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.14	129
32	Sofi Chay Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
33	Sofi Chay UR	5.50	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.69	2
34	Sofi Chay UL	5.00	8	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.75	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.84	10
35	Gale Chay L Low2	1.35	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.53	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.24	7
36	Gale Chay L Low1	5.91	24	0.00	0	0.00	0	0.35	2	2.67	3	0.00	0	0.20	1	0.00	0	1.14	30
37	Gale Chay L Up	1.28	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.02	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.16	7
38	Gale Chay R Up	2.76	8	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.35	8
39	Gale Chay R Low	1.31	15	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.30	1	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.24	17
40	Aji Chay Low2	3.89	143	0.00	1	0.00	0	0.00	0	1.38	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.66	148
41	Aji Chay Low1	3.46	201	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.50	1	0.00	0	0.00	0	0.62	202
42	Aji Chay Mid2	8.90	76	8.33	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	13.83	6	0.00	0	3.88	85
43	Aji Chay Mid1	2.48	10	0.00	0	0.00	0	1.50	1	1.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.62	12
44	Aji Chay Up2	3.87	26	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.06	8	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.62	35
45	Aji Chay Up1	1.43	57	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.18	57
46	Aji Chay Residual	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
91	Residual 3-1	3.21	150	0.00	0	1.50	1	0.00	0	1.50	1	0.00	0	4.65	2	0.00	0	1.36	154
92	Residual 3-2	3.25	50	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.41	50
93	Lake Urmia Island	0.66	7	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.08	7
94	Lake Urmia Water Body	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
95	Residual south	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
96	Residual west	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Total		**-**	**1,048**	**-**	**4**	**-**	**1**	**-**	**11**	**-**	**62**	**-**	**2**	**-**	**10**	**-**	**9**	**-**	**1,147**

表 3.2.2　小流域別取水地点数（湧水）(4/4)

No	Basin. Name	Agricultural		Aquaculture		greenhouse		Industry		Livestock and poultry		Packaging		Rural Drinking		Services		Urban Drinking		Total	
		Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number	Average Discharge (m3/s)	Number
1	Zola Chay Low	0.50	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	7.00	1	0.00	0	0.00	0	0.83	3
2	Zola Chay Mid2	0.50	1	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	1.50	4	0.00	0	0.00	0	0.22	6
3	Zola Chay Mid1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
4	Zola Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
5	Residual 1-2	2.50	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	3.50	3	0.00	0	0.00	0	0.67	5
6	Residual 1-1	1.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	8.00	5	0.70	5	0.00	0	1.08	11
7	Nazlo Chay Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	12.00	3	1.50	2	0.00	0	1.50	5
8	Nazlo Chay UL	2.67	6	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	6.67	6	0.00	0	0.00	0	1.04	12
9	Nazlo Chay UR	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
10	Rose Chay Low	4.83	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.54	3
11	Rose Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
12	Sahar Chay Low	0.75	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	24.13	4	0.00	0	0.00	0	2.76	6
13	Sahar Chay Up	4.77	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	16.75	4	0.00	0	0.00	0	2.39	7
14	Baradoz Low	4.25	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.00	1	0.00	0	14.00	3	0.50	5	0.00	0	2.19	11
15	Baradoz UR	5.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	21.33	3	0.00	0	0.00	0	2.93	4
16	Baradoz UL	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
17	Residual 2	2.50	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	22.58	8	0.00	0	0.00	0	2.79	10
18	Gedar Chay Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	8.76	17	0.00	0	0.00	0	0.97	17
19	Gedar Chay Mid2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	5.33	6	0.00	0	0.00	0	0.59	6
20	Gedar Chay Mid1	2.88	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	12.90	10	0.00	0	0.00	0	1.75	14
21	Gedar Chay Up	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
22	Mahabad Chay Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	3.83	3	0.00	0	0.00	0	0.43	3
23	Mahabad Chay Up	2.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	5.50	2	0.00	0	0.00	0	0.83	3
24	Simine Rud Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	26.17	6	0.00	0	0.00	0	2.91	6
25	Simine Rud Mid	13.81	194	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.14	14	0.00	0	4.46	42	0.00	0	0.00	0	2.05	250
26	Simine Rud Up	0.17	240	0.00	0	0.20	1	0.00	0	0.11	27	0.00	0	0.15	16	0.10	1	0.00	0	0.08	285
27	Zarineh Rud Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
28	Zarineh Rud Mid1	3.10	5	0.00	0	0.00	0	7.00	1	10.00	1	0.00	0	5.06	55	2.00	1	0.20	1	3.04	64
29	Zarineh Rud Mid2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
30	Zarineh Rud UR	5.42	306	0.10	1	0.00	0	40.00	1	8.00	9	0.00	0	11.07	43	2.50	1	0.00	0	7.45	361
31	Zarineh Rud UL	0.20	4,001	0.00	0	0.00	0	0.20	4	0.20	435	0.00	0	0.30	377	0.17	3	0.54	15	0.18	4,835
32	Sofi Chay Low	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
33	Sofi Chay UR	3.39	19	0.00	0	0.00	0	0.30	1	0.00	0	0.00	0	2.28	4	0.25	2	0.00	0	0.69	26
34	Sofi Chay UL	2.00	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.50	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.28	5
35	Gale Chay L Low2	4.65	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	4.00	1	0.00	0	0.00	0	0.96	5
36	Gale Chay L Low1	1.78	16	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.20	3	1.05	2	0.00	0	0.45	21
37	Gale Chay L Up	1.15	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.50	2	0.00	0	0.00	0	0.29	4
38	Gale Chay R Up	4.19	36	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	1.23	9	0.00	0	0.00	0	0.60	46
39	Gale Chay R Low	12.46	8	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.15	4	0.00	0	1.00	1	0.00	0	0.00	0	1.51	13
40	Aji Chay Low2	0.39	9	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.10	1	0.00	0	0.20	2	0.00	0	0.00	0	0.08	12
41	Aji Chay Low1	1.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.70	1	0.40	6	0.00	0	0.00	0	0.23	8
42	Aji Chay Mid2	23.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.50	1	0.00	0	1.25	2	0.88	4	0.00	0	2.85	8
43	Aji Chay Mid1	0.78	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.70	1	0.00	0	1.67	3	0.00	0	0.00	0	0.35	9
44	Aji Chay Up2	1.91	34	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.70	1	0.00	0	1.33	6	0.40	1	0.00	0	0.48	42
45	Aji Chay Up1	4.48	23	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.97	3	0.00	0	0.47	3	3.07	3	0.00	0	1.00	32
46	Aji Chay Residual	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
91	Residual 3-1	2.50	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.28	1
92	Residual 3-2	2.25	23	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	5.00	2	0.00	0	0.00	0	0.81	25
93	Lake Urmia Island	0.50	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.06	4
94	Lake Urmia Water Body	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
95	Residual south	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
96	Residual west	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	Total	**123.29**	**4,966**	**0.10**	**1**	**0.20**	**1**	**47.50**	**8**	**23.07**	**500**	**0.70**	**1**	**242.52**	**665**	**13.11**	**30**	**0.74**	**16**	**50.14**	**6,188**

3.2.3　ダム運用

ダムに関するデータは、一般諸元、運用実績データ、運用ルールとともに提供された。ダムの一般諸元データは 2014 年の前回調査と同じであり、図 3.2.2 はオルミエ湖流域におけるダムの位置を示す。現在、大小を含む 44 のダムが稼働しており、41 のダムが建設中または検討中である。

表 3.2.3 は、オルミエ湖流域の各河川流域におけるダムの総数、総貯水量、およびダムごとの平均貯水量（=総貯水量/ダム数）を示す。44 の未稼働のダムがあり、総貯水量は 1,413MCM、建設中のダムは 11 基あり、総貯水量は 1,053MCM である。

流域別の未稼働ダムの特徴としては、オルミエ湖流域の南東部に位置する Zarine Rud 川流域の総貯水量が 625MCM で最大であり、1 ダムあたりの平均貯水量は 104MCM である。オルミエ湖流域の西側と中央部に位置する Shahr Chay 川の総貯水量は、1 つのダムだけで 213MCM と 2 番目に大きい。オルミエ湖流域の南西部に位置する Mahabad Chay 川流域の総貯水量は、1 つのダムで 190MCM と 3 番目に大きい。

オルミエ湖流域の北東部に位置する主要な河川流域の 1 つである Aji Chay 川流域には、26 のダムがある。ただし、その総貯水量は 99MCM と少なく、1 ダムあたりの平均貯水量も 4MCM と少ない。

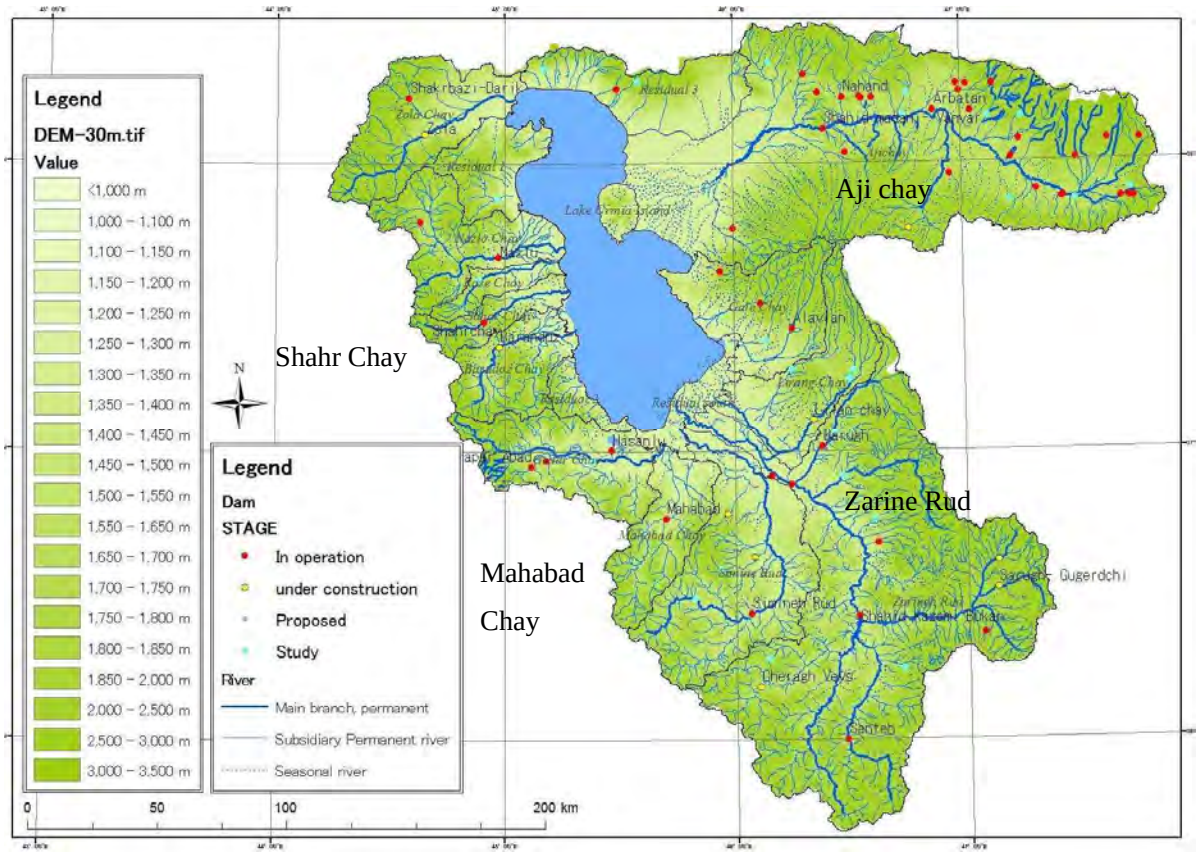


図 3.2.2　　ダムの位置図

表 3.2.3　流域別ダム数および総貯水容量

Basin Name	Number of Dams	Province	Total Storage Volume (MCM)	Average Storage Volume (MCM/ Number of Dams)
A. Under-operated Dams				
Aji Chay	26	East Azerbaijan	99.43	3.82
Baranduz Chay	1	West Azerbaijan	0.35	0.35
Darik Chay	1	West Azerbaijan	22.00	22.00
Gale Chay	1	East Azerbaijan	0.25	0.25
Gader Chay	2	West Azerbaijan	94.13	47.07
Mahabad Chay	1	West Azerbaijan	190.00	190.00
Nazlu Chay	1	West Azerbaijan	0.50	0.50
Residual 4	1	East Azerbaijan	0.67	0.67
Shahr Chay	1	West Azerbaijan	213.00	213.00
Sofi Chay	1	East Azerbaijan	57.00	57.00
Gale Chay	1	East Azerbaijan	38.80	38.80
Zarine Rud	6	West Azerbaijan	625.06	104.18
Zola Chay	1	West Azerbaijan	72.00	72.00
Total	44		1413.19	32.12
B. Under-constructed Dams				
Aji Chay	2	East Azerbaijan	282.50	141.25
Baranduz Chay	1	West Azerbaijan	84.00	84.00
Gader Chay	1	West Azerbaijan	122.00	122.00
Nazle Chay	1	West Azerbaijan	145.00	145.00
Simine Rud	2	West Azerbaijan	313.00	156.80
Zarine Rud	4	West Azerbaijan	106.50	26.63
Total	11		1053.60	95.78
C. Proposed Dams				
Lirang Chay	1	East Azerbaijan	14.00	14.00
Residual 4	1	East Azerbaijan	6.00	6.00
Total	2		20.00	10.00
D.Under-studied Damas				
Aji Chay	8	East Azerbaijan	58.18	7.27
Baranduz Chay	1	West Azerbaijan	0.00	0.00
Gader Chay	1	West Azerbaijan	49.00	49.00
Lirang Chay	2	Ardebil and East Azerbaijan	18.68	9.34
Nazle Chay	1	West Azerbaijan	0.00	0.00
Residual 1	1	West Azerbaijan	8.60	8.60
Residual 4	2	East Azerbaijan	9.20	4.60
Simine Rud	3	West Azerbaijan	15.30	5.10
Sofi Chay	2	East Azerbaijan	111.50	55.75
Zarine Rud	7	West Azerbaijan, West Azerbaijan and Kurdistan	231.02	33.00
Total	28		501.48	17.91

Data source: Ministry of Energy, Water Resources Management Company (IWRM Co.)

The Water Resources Management Company（以下、「IWRM Co.」）の Web ページからダウンロードされた 12 のダムの運用データのみが収集された。表 3.2.4 は、ダムとそのデータ期間を示している。これら 12 ダムの総貯水量は 1,203MCM であり、既存の 44 ダムの総貯水量 1,413MCM の 85%である。また、これらの 12 ダムの総集水面積は、10,078 km^2 であり、現存する 44 ダムのうち、19 ダムの総集水面積の 94%を占めている。すべてのダムの毎日の運転データを収集できることが理想的だが、運用データが収集された 12 のダムは、総貯水量と総集水面積の点で、ダムの大部分を占めている。 したがって、12 ダムのデータは、表流水からの取水量・給水量の推計のための更なる分析に活用できると考えられる。

表 3.2.4 の赤枠で示されているダムは、水循環モデルで考慮されている主要なダムである。ダムの運用実績状況の例として、図 3.2.3 に主要 5 ダムの日ベース、および年ベースの運用記録を示す。また、表 3.2.5 に、2015 年と 2016 年の 5 つのダムの将来的なダム運用ルール条件を示す。

ダム流入量の実績値と 2015 年の運用ルールの流入量予測との比較では、これまでの実績値のおおよその最小値を用いて予測値を設定しており、現実的な値となっている。ダム放流量は目的別に整理されており、水循環モデルの検証に有用なデータであり、データ品質も十分確保されている。

表 3.2.4　日ベースの運用実績データが収集できたダム

No.	Dam	River Basin	Province	Duration of Daily Data (Year/Month)	Kind of Data
1	Kardkandi	Aji Chay	East Azerbaijan	2011/3～2014/12	Temperature, precipitation, reservoir water level, reservoir water area, inflow water quantity, outflow water quantity (evaporation, leakage, pump intake, drainage, electricity generation, sediment discharge, intake valve, spillover and water supply quantity (drinking water supply, industrial water supply and agricultural water supply, and other water supply)
2	Nahand	Aji Chay	East Azerbaijan	2000/3～2014/12	ditto
3	Tajyar Sarab	Aji Chay	East Azerbaijan	2009/4～2014/12	ditto
4	Shakrbazi-Darik (Darek Salmas)	Darik Chay	West Azerbaijan	2012/6～2014/12	ditto
5	Hasanlu	Gadar Chay	West Azerbaijan	2002/3～2014/12	ditto
6	Mahabad	Mahabad Chay	West Azerbaijan	1971/3～2014/12	ditto
7	Shahrchay	Shahr Chay	West Azerbaijan	2006/5～2014/12	ditto
8	Alavian	Sofi Chay	East Azerbaijan	1997/9～2014/12	ditto
9	Ghale Chay Ajabshir	Gale Chay	East Azerbaijan	2009/4～2014/12	ditto
10	Saruq-Gougerdchay	Zarine Rud	West Azerbaijan	2012/6～2014/12	ditto
11	Shahid Kazemi Bukan- Zarine Rud (Bukan Dam)	Zarine Rud	West Azerbaijan	1978/3～2014/12	ditto
12	Zola	Zola Chay	West Azerbaijan	2011/9～2014/12	ditto

表 3.2.5　　将来的なダム運用ルール (Hasanlu Dam) (1/5)

Predictive values in the form of the program 2015-2016 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	4.2	0.1	0.6	4.9	0.0	0.0	1.1	0.0	6.0	41.3
aban	1.2	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	41.7
Azar	1.3	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	42.3
Day	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	41.6
Bahman	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	41.4
Esfand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	41.2
Farvardin	2.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.5	0.1	0.5	2.1	0.0	0.0	1.2	0.0	3.3	39.9
Ordibehesht	6.0	0.0	6.0	0.0	0.0	3.0	0.1	0.5	3.6	0.0	0.0	2.0	0.0	5.6	40.3
Khordad	1.7	0.0	1.7	0.0	0.0	6.0	0.1	0.5	6.6	0.0	0.0	2.1	0.0	8.7	33.3
Tir	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.1	0.5	7.6	0.0	0.0	2.8	0.0	10.4	22.9
Mordad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.1	0.5	7.1	0.0	0.0	1.5	0.0	8.6	14.3
Shahrivar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.1	0.5	6.6	0.0	0.0	0.7	0.0	7.3	7.0
Annual	**12.3**	**0.0**	**12.3**	**0.0**	**0.0**	**34.2**	**1.2**	**5.7**	**41.1**	**0.0**	**0.0**	**11.4**	**0.0**	**52.5**	

Predictive values in the form of the program2016-2017 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.5	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0	1.7	24.6
aban	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.7	0.0	0.0	0.4	0.0	1.1	24.5
Azar	3.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	26.7
Day	11.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	37.0
Bahman	18.0	0.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	54.8
Esfand	6.1	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.7	60.2
Farvardin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.1	0.5	3.1	0.0	0.0	1.2	0.0	4.3	55.9
Ordibehesht	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.1	0.5	6.1	0.0	0.0	1.5	0.0	7.6	48.4
Khordad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.1	0.5	10.4	0.0	0.0	1.8	0.0	12.2	36.2
Tir	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.1	0.5	7.6	0.0	0.0	2.0	0.0	9.6	26.6
Mordad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.1	0.5	5.6	0.0	0.0	2.0	0.0	7.6	18.9
Shahrivar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.1	0.5	1.6	0.0	0.0	2.3	0.0	3.9	15.0
Annual	**39.1**	**0.0**	**39.1**	**0.0**	**0.0**	**31.0**	**1.2**	**5.6**	**37.8**	**0.0**	**0.0**	**12.6**	**0.0**	**50.4**	

表 3.2.5　　将来的なダム運用ルール（Mahabad Dam）(2/5)

Predictive values in the form of the program 2015-2016 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	0.5	0.0	0.5	1.6	0.0	0.0	0.1	0.0	1.6	0.0	0.0	0.6	0.0	2.2	43.1
aban	4.0	0.0	4.0	1.6	0.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.3	0.0	2.2	44.9
Azar	12.0	0.0	12.0	1.6	0.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.2	0.0	2.1	54.9
Day	8.0	0.0	8.0	1.6	0.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.2	0.0	2.1	60.8
Bahman	24.0	0.0	24.0	1.6	0.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.3	0.0	2.2	82.7
Esfand	23.0	0.0	23.0	1.6	0.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.5	0.0	2.3	103.4
Farvardin	38.0	0.0	38.0	1.7	0.0	0.0	0.3	0.0	2.0	0.0	0.0	0.9	0.0	2.9	138.5
Ordibehesht	16.5	0.0	16.5	1.7	0.0	9.0	0.3	0.0	11.0	0.0	0.0	1.3	0.0	12.3	142.7
Khordad	2.6	0.0	2.6	1.7	0.0	22.5	0.3	0.0	24.5	0.0	0.0	1.5	0.0	26.0	119.4
Tir	0.1	0.0	0.1	1.7	0.0	22.5	0.3	0.0	24.5	0.0	0.0	1.8	0.0	26.3	93.2
Mordad	0.2	0.0	0.2	1.7	0.0	23.0	0.3	0.0	25.0	0.0	0.0	1.7	0.0	26.7	66.8
Shahrivar	0.1	0.0	0.1	1.7	0.0	18.0	0.3	0.0	20.0	0.0	0.0	1.0	0.0	21.0	45.9
Annual	**129.0**	**0.0**	**129.0**	**19.8**	**0.0**	**95.0**	**2.8**	**0.0**	**117.6**	**0.0**	**0.1**	**10.2**	**0.0**	**127.9**	

Predictive values in the form of the program2016-2017 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	0.3	0.0	0.3	1.6	0.0	0.0	0.1	12.6	14.2	0.0	0.0	0.9	0.0	15.1	82.5
aban	5.0	0.0	5.0	1.6	0.0	1.0	0.1	17.7	20.4	0.0	0.0	0.4	0.0	20.8	66.7
Azar	7.0	0.0	7.0	1.6	0.0	0.0	0.1	14.3	16.0	0.0	0.0	0.2	0.0	16.2	57.5
Day	15.0	0.0	15.0	1.6	0.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.2	0.0	2.0	70.5
Bahman	22.0	0.0	22.0	1.6	0.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.4	0.0	2.2	90.3
Esfand	32.0	0.0	32.0	1.6	0.0	0.0	0.3	1.5	3.4	0.0	0.0	0.8	0.0	4.1	118.2
Farvardin	33.5	0.0	33.5	1.7	0.0	6.0	0.3	0.0	8.0	0.0	0.0	1.0	0.0	9.0	142.7
Ordibehesht	11.0	0.0	11.0	1.7	0.0	15.0	0.3	0.0	17.0	0.0	0.0	1.3	0.0	18.3	135.4
Khordad	2.5	0.0	2.5	1.7	0.0	18.0	0.3	0.0	20.0	0.0	0.0	1.5	0.0	21.5	116.4
Tir	0.5	0.0	0.5	1.7	0.0	19.1	0.3	0.0	21.1	0.0	0.0	2.0	0.0	23.1	93.8
Mordad	0.1	0.0	0.1	1.7	0.0	19.0	0.3	0.0	21.0	0.0	0.0	3.1	0.0	24.1	69.8
Shahrivar	0.1	0.0	0.1	1.7	0.0	17.0	0.3	0.0	19.0	0.0	0.0	1.8	0.0	20.7	49.2
Annual	**129.0**	**0.0**	**129.0**	**19.8**	**0.0**	**95.1**	**2.5**	**46.1**	**163.4**	**0.0**	**0.2**	**13.5**	**0.0**	**177.1**	

表 3.2.5　　将来的なダム運用ルール (Shahrchay Dam) (3/5)

Predictive values in the form of the program 2015-2016 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	3.4	0.0	3.4	4.7	0.0	4.1	0.0	0.3	9.1	0.0	0.0	0.1	0.0	9.2	104.5
aban	4.0	0.0	4.0	4.5	0.0	2.0	0.0	0.5	7.0	0.0	0.0	0.5	0.0	7.5	101.1
Azar	5.6	0.0	5.6	4.5	0.0	0.0	0.0	1.3	5.8	0.0	0.0	0.3	0.0	6.1	100.5
Day	3.5	0.0	3.5	4.5	0.0	0.0	0.0	1.3	5.8	0.0	0.0	0.3	0.0	6.1	98.0
Bahman	3.5	0.0	3.5	4.5	0.0	0.0	0.0	1.3	5.8	0.0	0.0	0.3	0.0	6.1	95.3
Esfand	6.0	0.0	6.0	4.5	0.0	0.0	0.0	1.3	5.8	0.0	0.0	0.3	0.0	6.1	95.2
Farvardin	19.5	0.0	19.5	5.0	0.0	0.0	0.0	1.3	6.3	0.0	0.0	0.5	0.0	6.8	107.9
Ordibehesht	32.0	0.0	32.0	5.0	0.0	5.0	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.8	0.0	11.3	128.5
Khordad	22.0	0.0	22.0	5.0	0.0	10.0	0.0	0.5	15.5	0.0	0.0	1.3	0.0	16.8	133.7
Tir	8.5	0.0	8.5	5.0	0.0	12.0	0.0	0.5	17.5	0.0	0.0	1.7	0.0	19.2	123.0
Mordad	7.0	0.0	7.0	5.0	0.0	10.0	0.0	0.5	15.5	0.0	0.0	1.8	0.0	17.3	112.7
Shahrivar	5.0	0.0	5.0	5.0	0.0	9.0	0.0	0.5	14.5	0.0	0.0	1.0	0.0	15.5	102.2
Annual	**120.0**	**0.0**	**120.0**	**57.2**	**0.0**	**52.1**	**0.0**	**9.8**	**119.1**	**0.0**	**0.0**	**9.0**	**0.0**	**128.1**	

Predictive values in the form of the program2016-2017 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	4.3	0.0	4.3	4.7	0.0	0.6	0.0	0.4	5.6	0.0	0.0	1.1	0.0	6.7	153.5
aban	4.0	0.0	4.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.2	4.7	0.0	0.0	0.6	0.0	5.3	152.2
Azar	3.8	0.0	3.8	4.5	0.0	0.0	0.0	1.3	5.8	0.0	0.0	0.2	0.0	6.0	150.0
Day	4.0	0.0	4.0	4.5	0.0	0.0	0.0	1.3	5.8	0.0	0.0	0.2	0.0	6.0	148.0
Bahman	5.0	0.0	5.0	4.5	0.0	0.0	0.0	1.3	5.8	0.0	0.0	0.2	0.0	6.0	147.0
Esfand	11.0	0.0	11.0	4.5	0.0	0.0	0.0	43.3	47.8	0.0	0.0	0.4	0.0	48.2	109.8
Farvardin	17.0	0.0	17.0	5.0	0.0	0.0	0.0	1.3	6.3	0.0	0.0	0.6	0.0	6.9	119.9
Ordibehesht	32.0	0.0	32.0	5.0	0.0	6.0	0.0	0.5	11.5	0.0	0.0	0.8	0.0	12.3	139.6
Khordad	23.0	0.0	23.0	5.0	0.0	13.0	0.0	0.5	18.5	0.0	0.0	1.2	0.0	19.7	142.9
Tir	8.7	0.0	8.7	5.0	0.0	15.0	0.0	0.5	20.5	0.0	0.0	1.7	0.0	22.2	129.4
Mordad	3.8	0.0	3.8	5.0	0.0	15.0	0.0	0.5	20.5	0.0	0.0	1.8	0.0	22.3	110.9
Shahrivar	3.6	0.0	3.6	5.0	0.0	13.5	0.0	0.5	19.0	0.0	0.0	1.9	0.0	20.9	93.6
Annual	**120.2**	**0.0**	**120.2**	**57.2**	**0.0**	**63.1**	**0.0**	**51.6**	**171.8**	**0.0**	**0.0**	**10.6**	**0.0**	**182.5**	

表 3.2.5　　将来的なダム運用ルール（Alavian Dam）(4/5)

Predictive values in the form of the program 2015-2016 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	1.9	0.0	1.9	1.1	0.0	0.0	0.5	0.5	2.0	0.0	0.0	0.1	0.0	2.1	9.4
aban	4.0	0.0	4.0	1.4	0.0	0.0	0.5	0.6	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	10.9
Azar	2.5	0.0	2.5	1.4	0.0	0.0	0.5	0.6	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	11.0
Day	2.0	0.0	2.0	1.4	0.0	0.0	0.5	0.6	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	10.5
Bahman	4.0	0.0	4.0	1.4	0.0	0.0	0.5	0.6	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	12.0
Esfand	6.0	0.0	6.0	1.4	0.0	0.0	0.5	0.6	2.5	0.0	0.0	0.2	0.0	2.7	15.4
Farvardin	14.0	0.0	14.0	1.4	0.0	0.5	0.6	0.6	3.1	0.0	0.0	0.3	0.0	3.4	26.0
Ordibehesht	20.0	0.0	20.0	1.4	0.0	8.0	0.6	0.6	10.6	0.0	0.0	0.5	0.0	11.1	35.0
Khordad	10.0	0.0	10.0	1.4	0.0	10.0	0.6	0.6	12.6	0.0	0.0	0.6	0.0	13.2	31.8
Tir	2.0	0.0	2.0	1.4	0.0	6.0	0.6	0.6	8.6	0.0	0.0	0.5	0.0	9.1	24.8
Mordad	0.5	0.0	0.5	1.4	0.0	5.5	0.6	0.6	8.1	0.0	0.0	0.5	0.0	8.6	16.7
Shahrivar	0.5	0.0	0.5	1.4	0.0	3.0	0.6	0.6	5.6	0.0	0.0	0.1	0.0	5.7	11.6
Annual	**67.4**	**0.0**	**67.4**	**16.5**	**0.0**	**33.0**	**6.6**	**6.5**	**62.6**	**0.0**	**0.0**	**2.9**	**0.0**	**65.5**	

Predictive values in the form of the program2016-2017 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	1.5	0.0	1.5	1.1	0.0	0.0	0.5	0.7	2.2	0.0	0.0	0.2	0.0	2.4	20.1
aban	3.0	0.0	3.0	1.4	0.0	0.0	0.5	0.7	2.6	0.0	0.0	0.1	0.0	2.7	20.4
Azar	3.0	0.0	3.0	1.4	0.0	0.0	0.5	0.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	21.0
Day	4.0	0.0	4.0	1.4	0.0	0.0	0.5	0.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	22.6
Bahman	5.0	0.0	5.0	1.4	0.0	0.0	0.5	0.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	25.2
Esfand	11.0	0.0	11.0	1.3	0.0	0.0	0.5	0.6	2.4	0.0	0.0	0.1	0.0	2.5	33.8
Farvardin	17.0	0.0	17.0	1.4	0.0	0.0	0.5	0.6	2.5	0.0	0.0	0.2	0.0	2.7	48.1
Ordibehesht	19.2	0.0	19.2	1.4	0.0	12.0	0.5	0.6	14.5	0.0	0.0	0.4	0.0	14.9	52.5
Khordad	10.0	0.0	10.0	1.4	0.0	14.0	0.5	0.6	16.5	0.0	0.0	0.6	0.0	17.1	45.4
Tir	2.5	0.0	2.5	1.4	0.0	12.0	0.5	0.6	14.5	0.0	0.0	0.5	0.0	15.0	33.0
Mordad	1.0	0.0	1.0	1.4	0.0	12.0	0.5	0.6	14.5	0.0	0.0	0.5	0.0	15.0	19.0
Shahrivar	0.5	0.0	0.5	1.4	0.0	6.0	0.5	0.6	8.5	0.0	0.0	0.2	0.0	8.6	10.9
Annual	**77.7**	**0.0**	**77.7**	**16.4**	**0.0**	**56.0**	**6.0**	**6.7**	**85.1**	**0.0**	**0.0**	**2.7**	**0.0**	**87.8**	

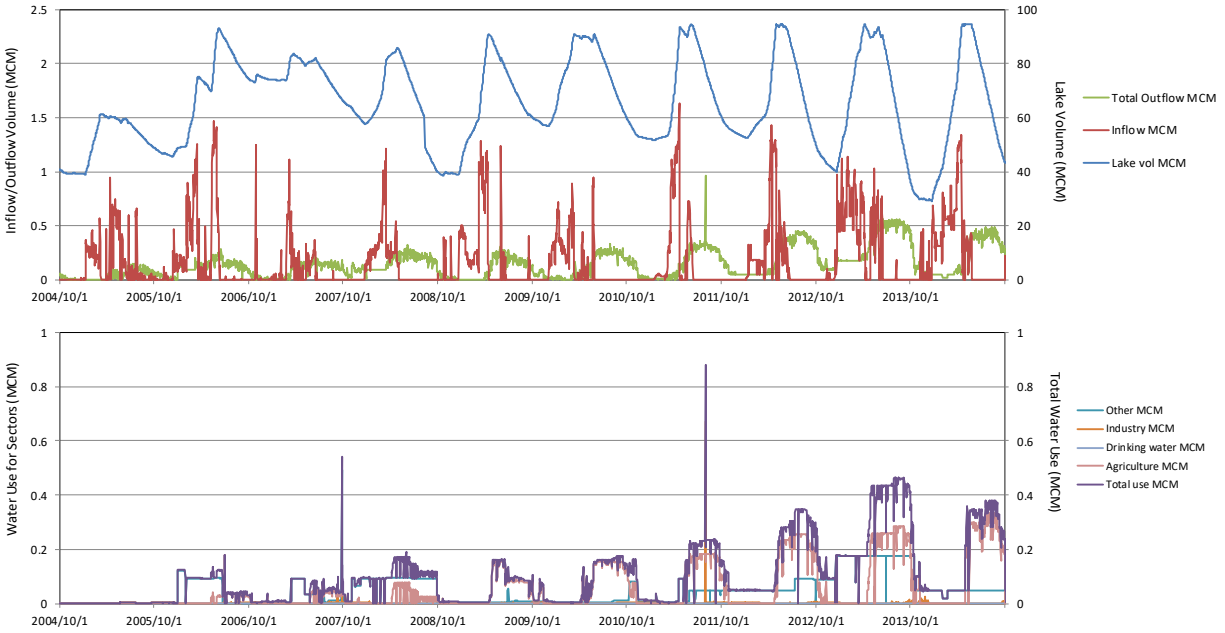
表 3.2.5　　将来的なダム運用ルール (Bukan Dam) (5/5)

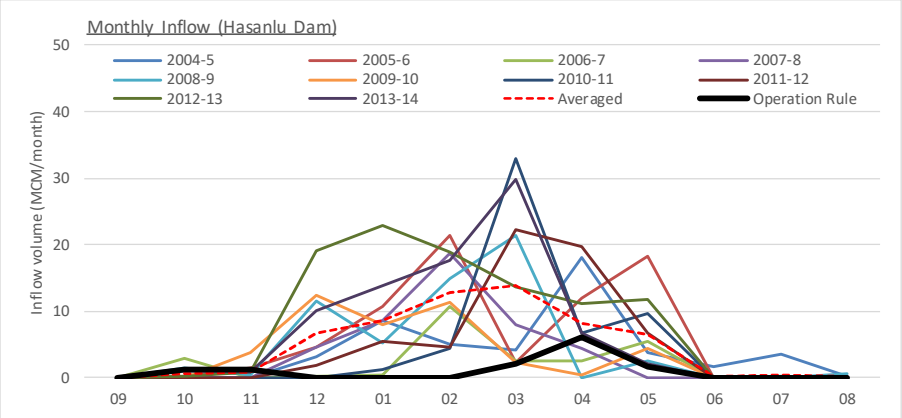
Predictive values in the form of the program 2015-2016 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	9.0	0.0	9.0	11.5	0.0	1.9	0.5	18.5	32.4	0.0	0.0	4.1	0.0	36.4	248.4
aban	25.0	0.0	25.0	11.7	0.0	28.5	0.5	10.0	50.7	0.0	0.0	2.0	0.0	52.7	220.7
Azar	98.5	0.0	98.5	11.1	0.0	0.0	0.5	9.0	20.6	0.0	0.0	1.2	0.0	21.8	297.4
Day	79.0	0.0	79.0	12.5	0.0	0.0	0.5	5.0	18.0	0.0	0.0	0.7	0.0	18.7	357.8
Bahman	148.0	11.0	159.0	12.6	0.0	0.0	0.5	62.0	75.1	0.0	0.0	0.0	0.0	75.1	441.7
Esfand	111.0	0.0	111.0	13.4	0.0	0.0	0.5	61.0	74.9	0.0	0.0	0.0	0.0	74.9	477.8
Farvardin	248.0	0.0	248.0	11.6	0.0	8.6	0.0	11.0	31.2	0.0	0.0	5.0	0.0	36.2	689.6
Ordibehesht	79.0	0.0	79.0	13.2	0.0	57.9	0.0	13.0	84.1	0.0	0.0	10.0	0.0	94.1	674.6
Khordad	11.0	0.0	11.0	14.3	0.0	74.1	0.0	13.5	101.9	0.0	0.0	13.0	0.0	114.9	570.7
Tir	1.5	0.0	1.5	14.7	0.0	77.9	0.0	13.5	106.1	0.0	0.0	11.1	0.0	117.2	454.9
Mordad	0.0	0.0	0.0	15.4	0.0	84.5	0.0	13.5	113.4	0.0	0.0	9.5	0.0	122.9	332.1
Shahrivar	0.0	0.0	0.0	15.1	0.0	66.4	0.0	13.5	95.1	0.0	0.0	7.0	0.0	102.1	230.0
Annual	**810.0**	**11.0**	**821.0**	**156.9**	**0.0**	**399.8**	**3.0**	**243.5**	**803.3**	**0.0**	**0.0**	**63.6**	**0.0**	**866.8**	

Predictive values in the form of the program2016-2017 (MCM)

Month	Inflow			Consumption/Outflow						Others/Outflow				Total outflow and consumption	Reservior Capacity at the end of month
	Prediction of the entrance to the dam from Catchment	Prediction of inter-basin transfer of water	Inflow (MCM)	Domestic	Domestic quality	Agriculture	Industry	Others (Flow stability)	Total consumption	Output from the power plant (discharge from the power plant over the dam)	Leakage (including leakage and drainage over dam consumption)	Evaporation	Other exploitation from the reservior		
Mehr	3.1	0.0	3.1	11.5	0.0	2.0	0.5	18.1	32.1	0.0	0.0	6.8	0.0	38.9	294.4
aban	15.0	0.0	15.0	11.7	0.0	21.6	0.5	14.8	48.6	0.0	0.0	2.9	0.0	51.5	257.9
Azar	50.0	0.0	50.0	11.1	0.0	0.0	0.5	6.4	18.0	0.0	0.0	1.0	0.0	19.0	288.9
Day	75.0	0.0	75.0	12.5	0.0	0.0	0.5	3.8	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8	347.2
Bahman	145.0	0.0	145.0	12.6	0.0	0.0	0.5	61.0	74.1	0.0	0.0	0.0	0.0	74.1	418.1
Esfand	227.0	0.0	227.0	13.4	0.0	0.0	0.5	135.0	148.9	0.0	0.0	3.8	0.0	152.7	492.4
Farvardin	210.0	0.0	210.0	11.6	0.0	8.5	0.0	10.0	30.1	0.0	0.0	4.4	0.0	34.4	668.0
Ordibehesht	90.0	0.0	90.0	13.2	0.0	50.5	0.0	13.5	77.2	0.0	0.0	9.4	0.0	86.6	671.4
Khordad	12.0	0.0	12.0	14.3	0.0	76.1	0.0	13.5	103.9	0.0	0.0	12.8	0.0	116.8	566.6
Tir	7.0	0.0	7.0	14.7	0.0	78.0	0.0	13.5	106.2	0.0	0.0	11.9	0.0	118.1	455.6
Mordad	3.0	0.0	3.0	15.4	0.0	82.3	0.0	13.5	111.2	0.0	0.0	10.3	0.0	121.4	337.2
Shahrivar	1.0	0.0	1.0	15.1	0.0	61.1	0.0	13.5	89.7	0.0	0.0	8.9	0.0	98.7	239.5
Annual	**838.1**	**0.0**	**838.1**	**156.9**	**0.0**	**380.1**	**3.0**	**316.6**	**856.6**	**0.0**	**0.0**	**72.2**	**0.0**	**928.8**	





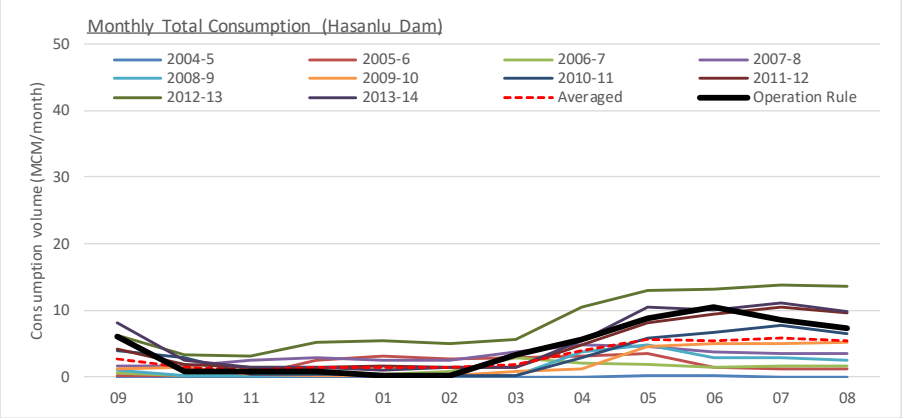
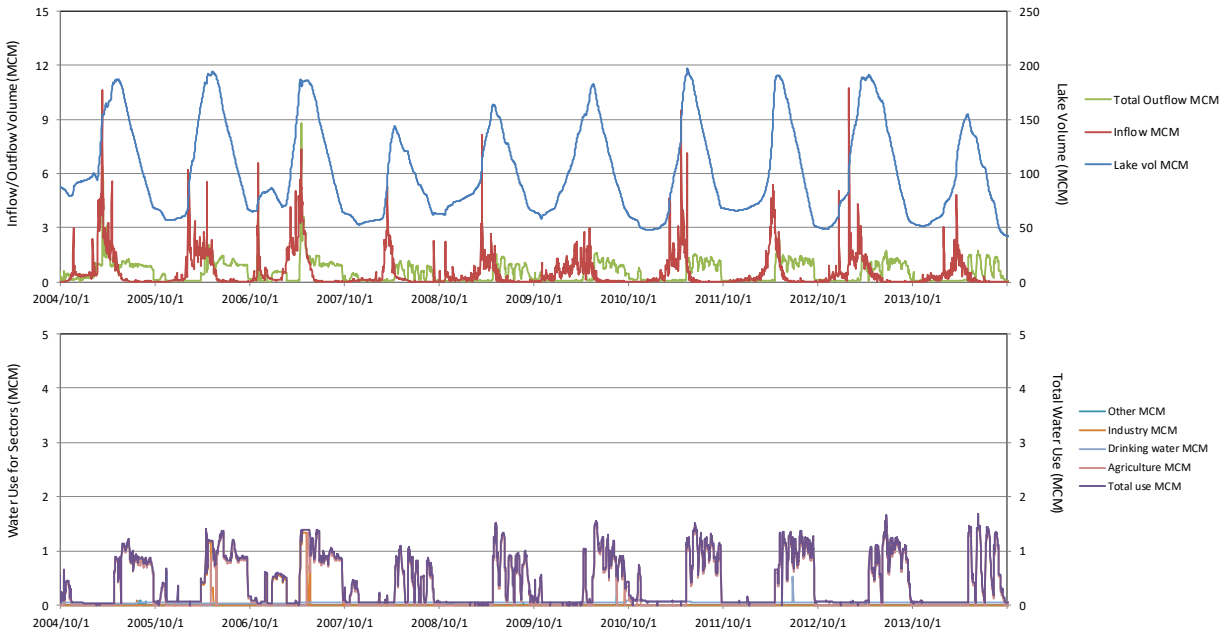
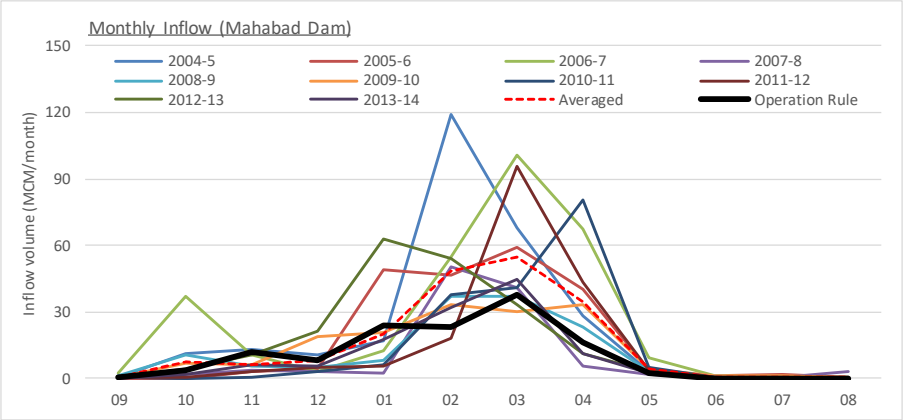


図 3.2.3　　ダム操作実績と将来運用ルールの重ね合わせ図 (Hasanlu Dam) (1/5)





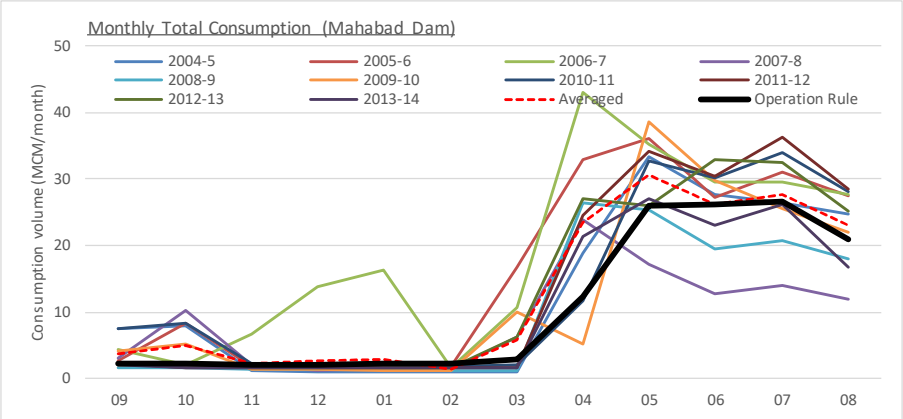
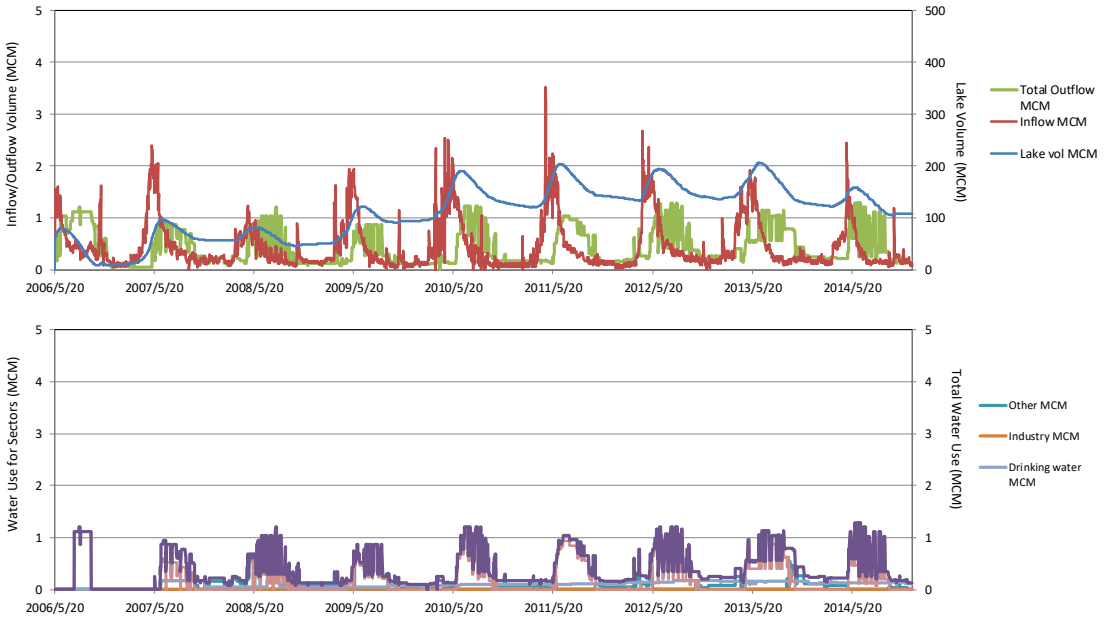
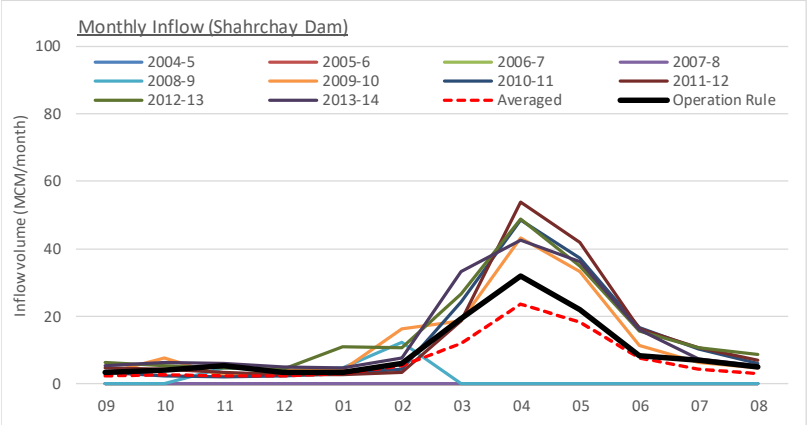


図 3.2.3　　ダム操作実績と将来運用ルールの重ね合わせ図 (Mahabad Dam) (2/5)





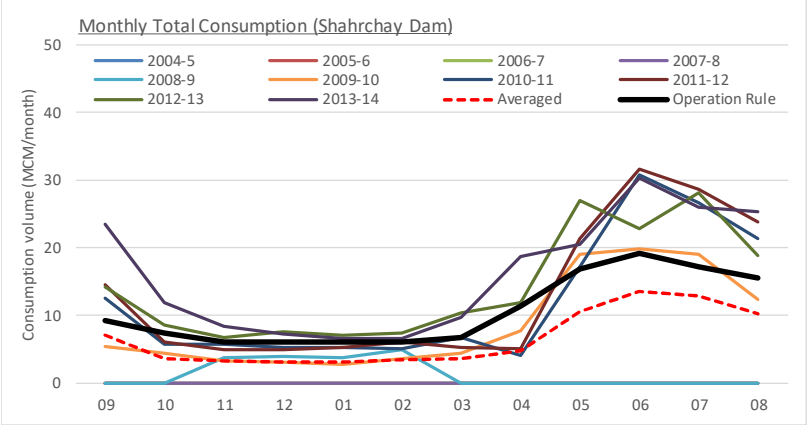
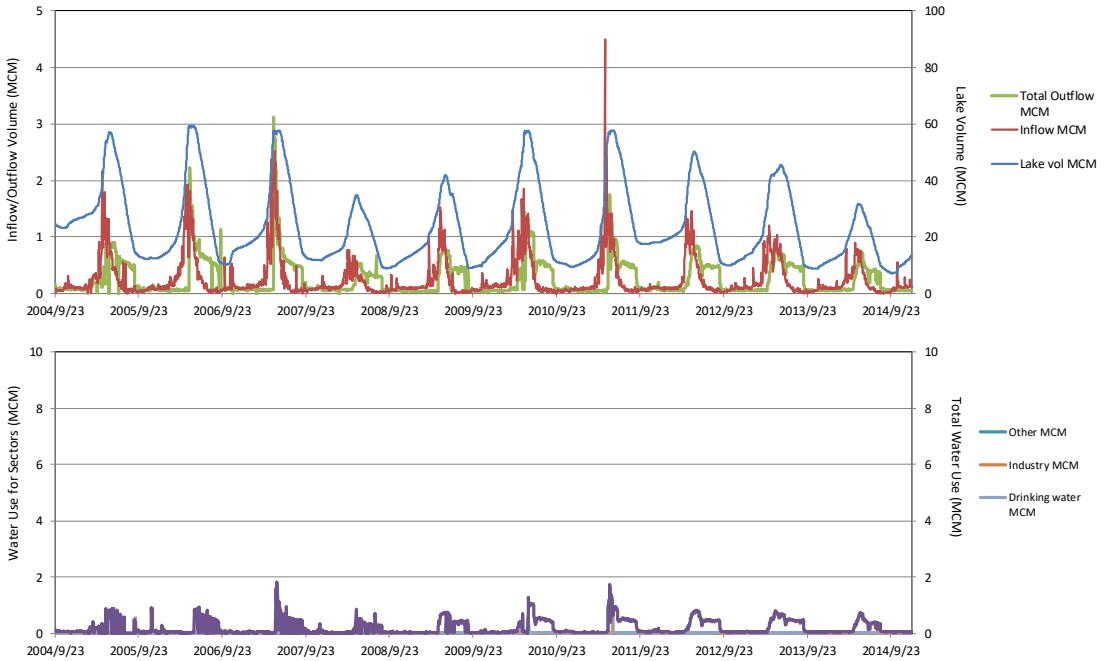
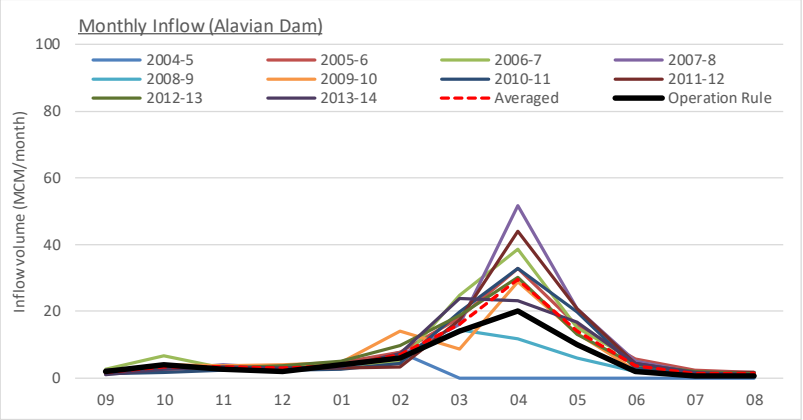


図 3.2.3　　ダム操作実績と将来運用ルールの重ね合わせ図（Shahrchay Dam）(3/5)





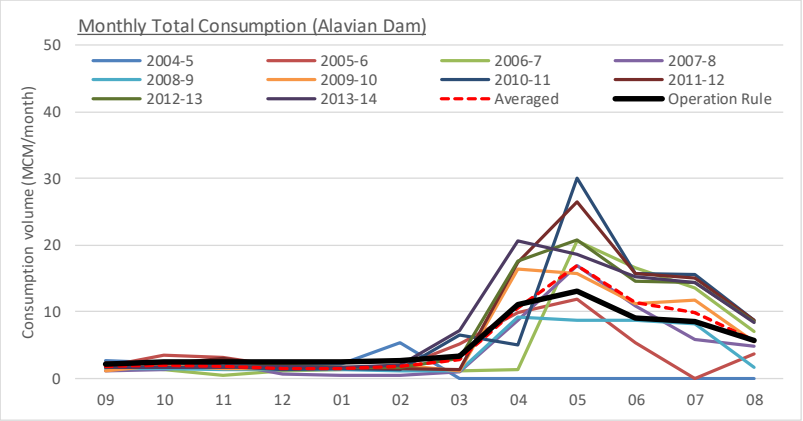
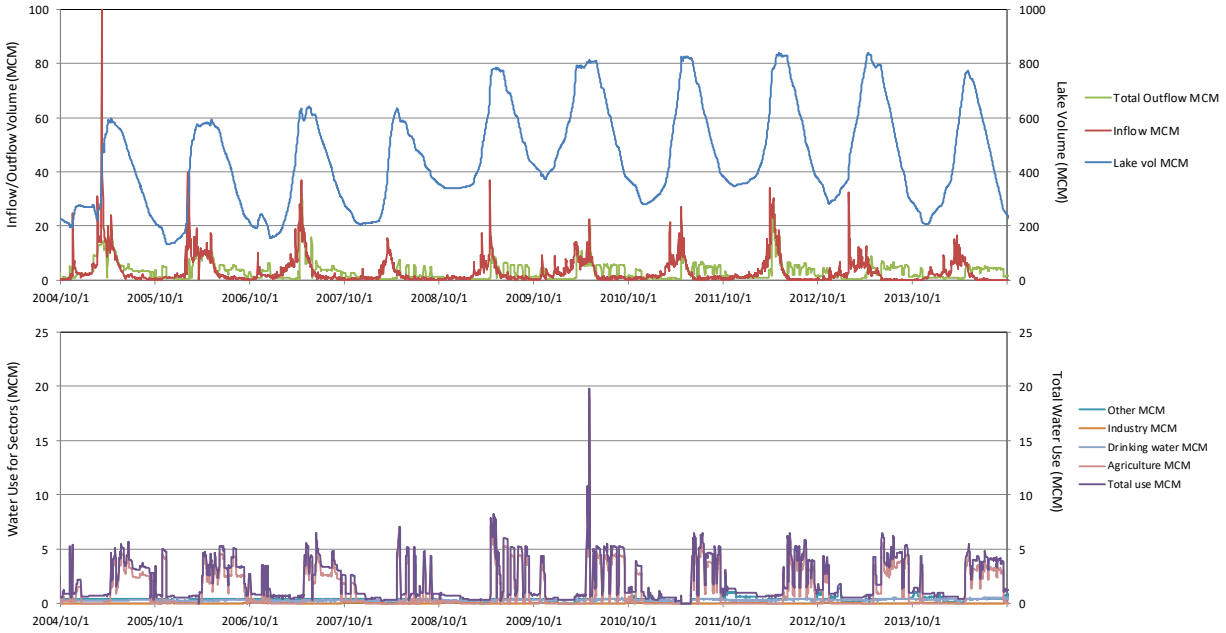


図 3.2.3　　ダム操作実績と将来運用ルールの重ね合わせ図（Alavian Dam）(4/5)



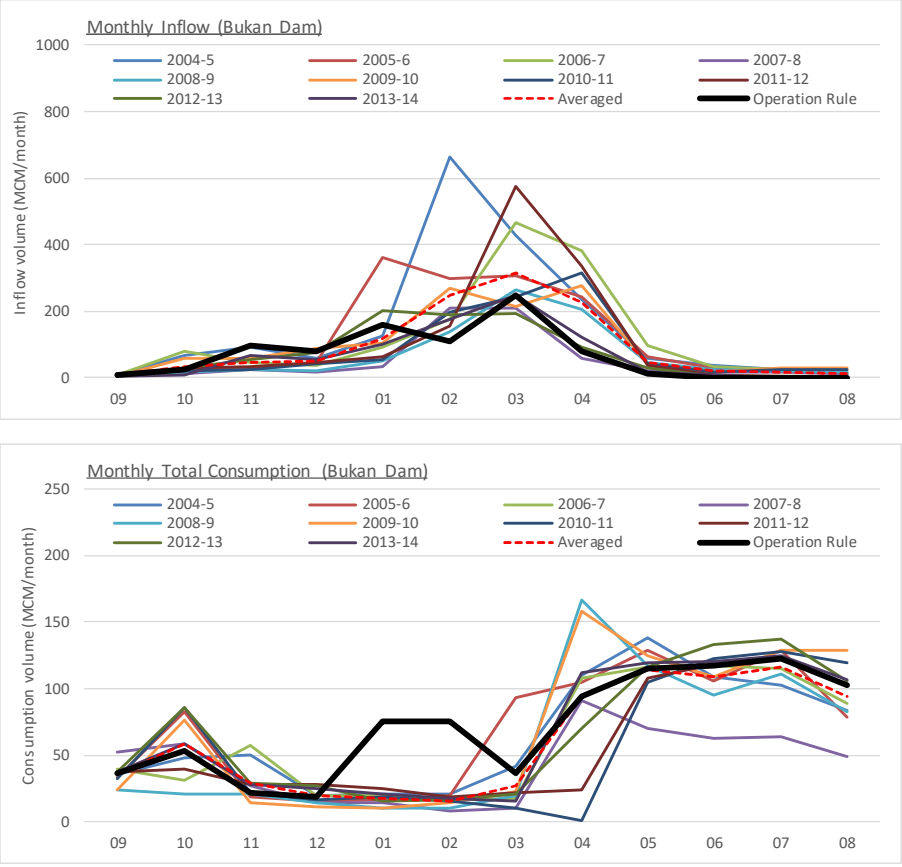


図 3.2.3　　ダム操作実績と将来運用ルールの重ね合わせ図（Bukan Dam）(5/5)

3.2.4 オルミエ湖の地形データ

オルミエ湖の地形データは、前回の調査で 2013 年に調査されたデータと同様である。本調査では、2015 年の深浅測量データが新たに提供された。水循環モデルの精度の向上に貢献したと考えられ、この詳細については、第 4 章で示した。

3.2.5 追加の水文データ

(1) 雨量および流量観測所

3.2.6 に雨量観測所と流量観測所の概要を示す。図 3.2.5 と図 3.2.6 にはそれらの位置図を示した。

水循環モデルの検証・キャリブレーション期間は 1999 年から 2014 年までの 14 年と決定しており、この理由は ULRP によって承認された基本的な水文データが 2014 年までのためである。同定・検証期間内の水文データの品質チェックが調査チームによって行われた。

オルミエ湖流域には、242 の雨量観測所と 136 の流量観測所が存在する。これらの観測所は日ベースで水文データを記録している。流量データは、水位と流量の関係（H-Q 定格曲線）を使用して、午前 7 時に観測された水位から変換される。RWC のスタッフへのインタビューによると、H Q の評価曲線の修正は定期的に行われていないのが実状となっている。

観測所の稼働状況は、得られたデータの状況から判断すると、2013 年時点で稼働している箇所多く、242 箇所のうち 163 箇所の降雨観測所は稼働率が 63 パーセントと確認されており、136 箇所のうち 84 箇所の観測所は 62 パーセントで稼働している。

稼働する雨量観測所のそれぞれの対応範囲は 150～450 km^2 で、平均は 271.8 km^2 である。参考までに、国土交通省発行の「河川工事の技術基準」では、降雨観測所の必要指揮範囲が 50 km^2 未満と規定されている。降水量の監視の精度をさらに向上させるには、監視ネットワークを密にしたほうが好ましい。したがって、観測所の定期的な維持管理においては、観測器や部品が故障した場合の修理も含めることが推奨される。

図 3.2.4 流量観測所（Akhola、Aji Chay 川下流）

表 3.2.6　オルミエ湖流域の雨量観測所の概要

Basin Name	Catchment Area km^2)	Number of All Rainfall GS	Number of All Discharge GS
Aji Chay	12,716.7	42	35
Baradoz Chay	1,361.7	6	4
Gale Chay	2,093.6	9	15
Gadar Chay	2,091.0	16	13
Lilang Chay	1,936.3	6	4
Mahabad Chay	1,507.0	10	6
Nazlo Chay	1,880.1	6	9
Rose Chay	457.8	1	3
Sahar Chay	711.7	3	3
Simine Rud	3,782.7	10	7
Zarine Rud	11,837.9	34	31
Zola Chay	2,258.4	7	5
Residual 1	1,060.4	2	1
Residual 2	375.1	3	0
Residual 3	1,840.0	8	0
Residual south	551.2	0	0
Urmia Lake Island	259.8	0	0
Urmia Lake	4,976.0	0	0
Total	**51,697.2**	**163**	**136**

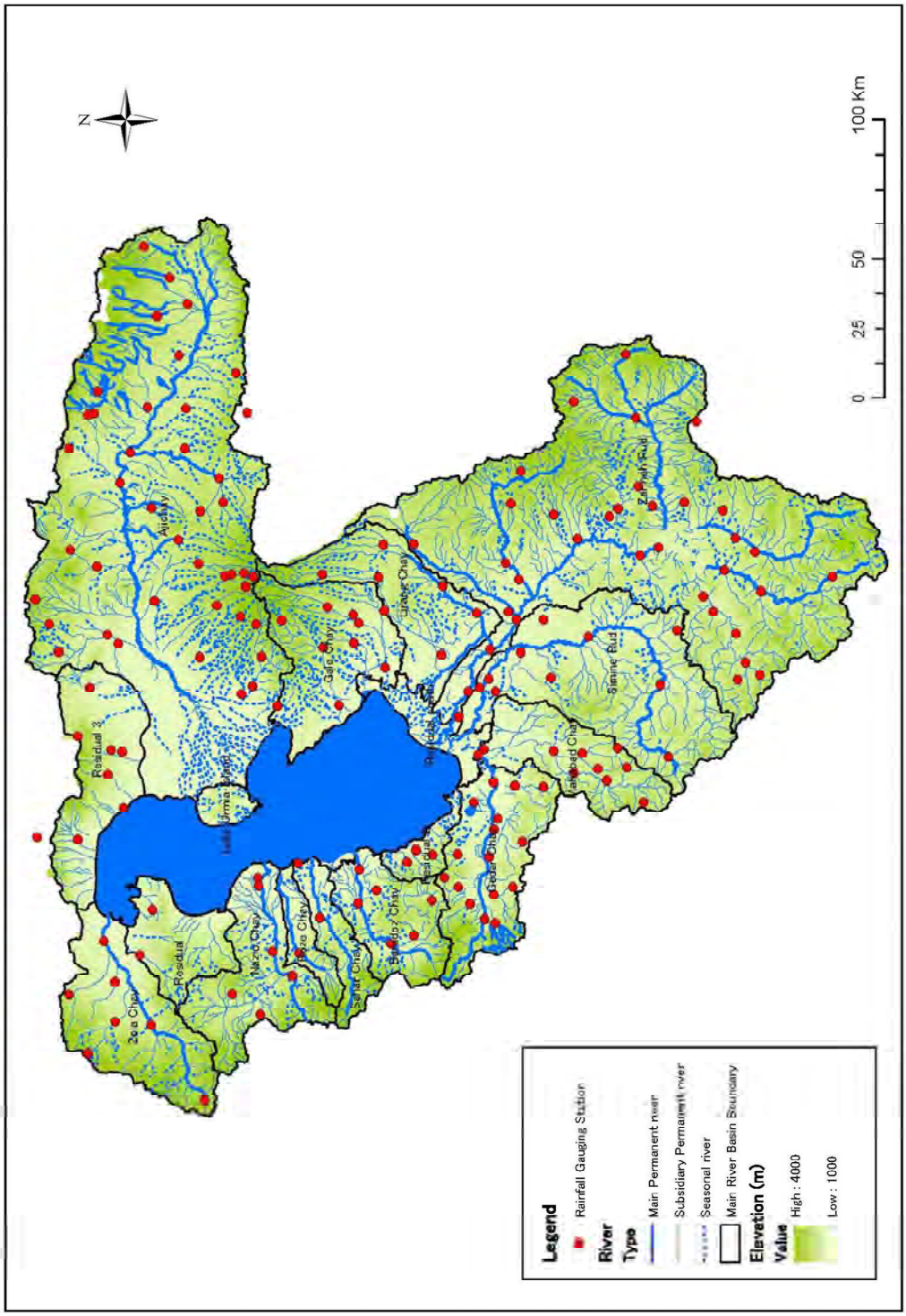


図 3.2.5　雨量観測所位置図

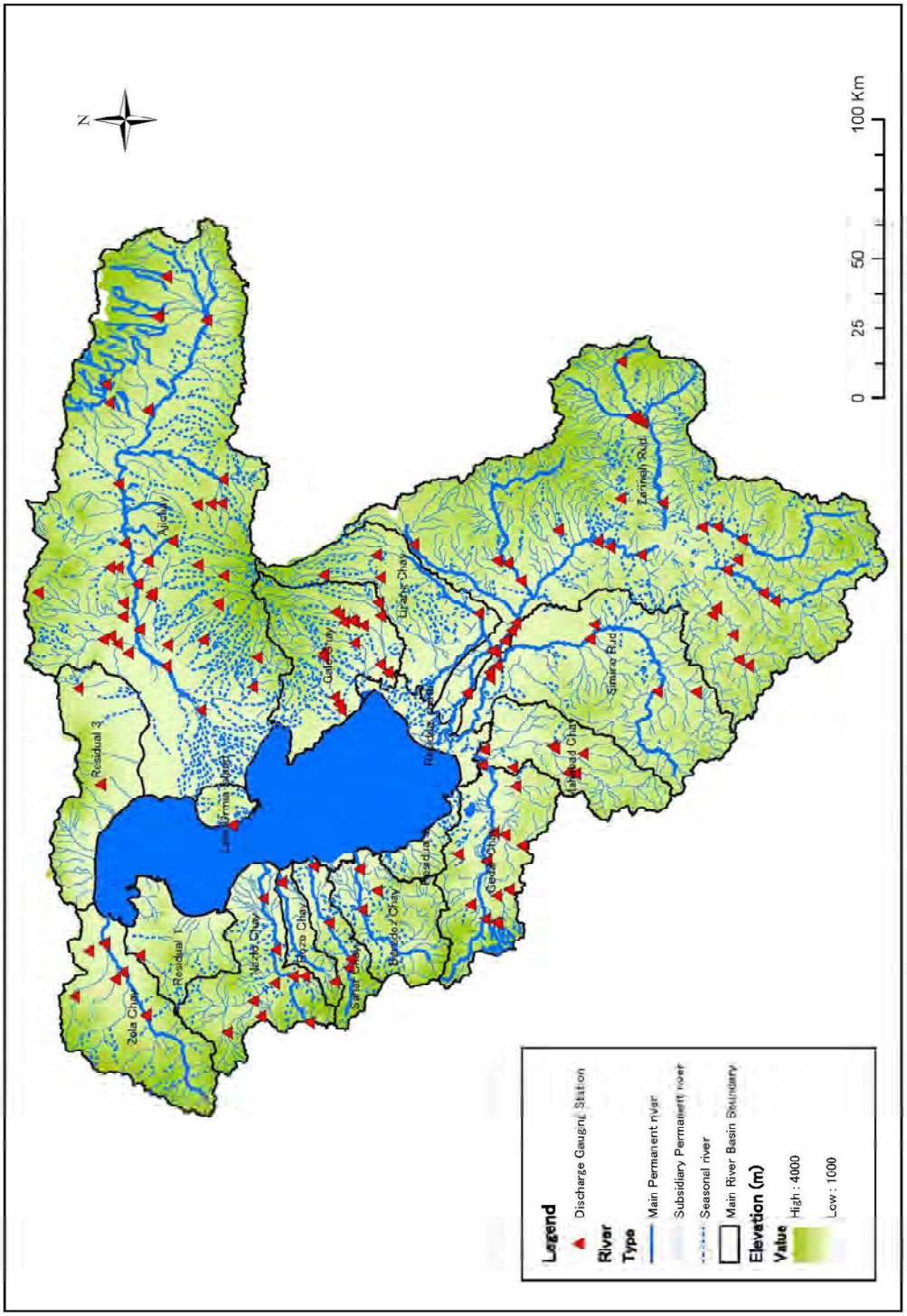


図 3.2.6　流量観測所位置図

(2) 分布型雨量データ

IMO は GIS を用いてによりオルミエ湖流域の降雨の空間分布データを作成した。GIS で計算した空間分布と地上降雨観測データを比較して精度を検証し、統計誤差は小さく、比較的高い精度が確保されている。

調査チームは、ペルシャ歴 1379 年（西暦 2000 年）から 1395 年（西暦 2016 年）までの月データを収集した。このデータを用いて、オルミエ湖流域の降水量と標高の関係を確認し、水循環モデルの高度補正の参考値として使用した。

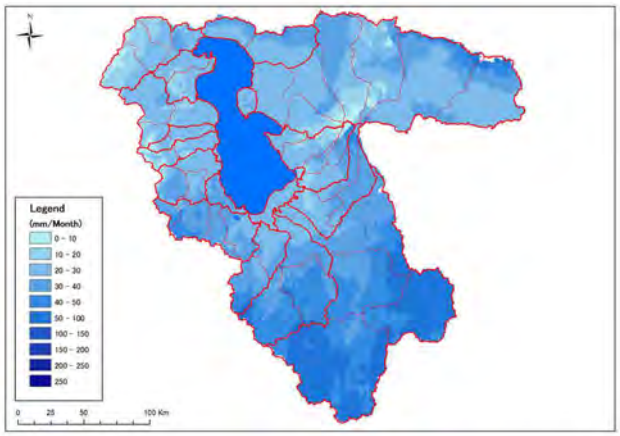
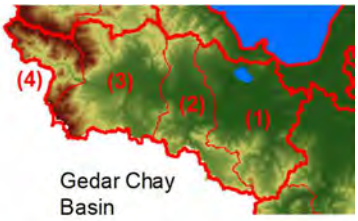


図 3.2.7 IMO の分布型雨量データの例

(3) 雨量データの適用性のチェック

地上観測データを用いてティーセン法により算出された流域平均降雨量を空間降雨量と比較した。一部の欠測期間を除き、許容誤差の範囲にある。図 3.2.8 に示す例の河川では、標高の縦断変化は大きいが、雨量の標高による影響は極めて軽微であった。



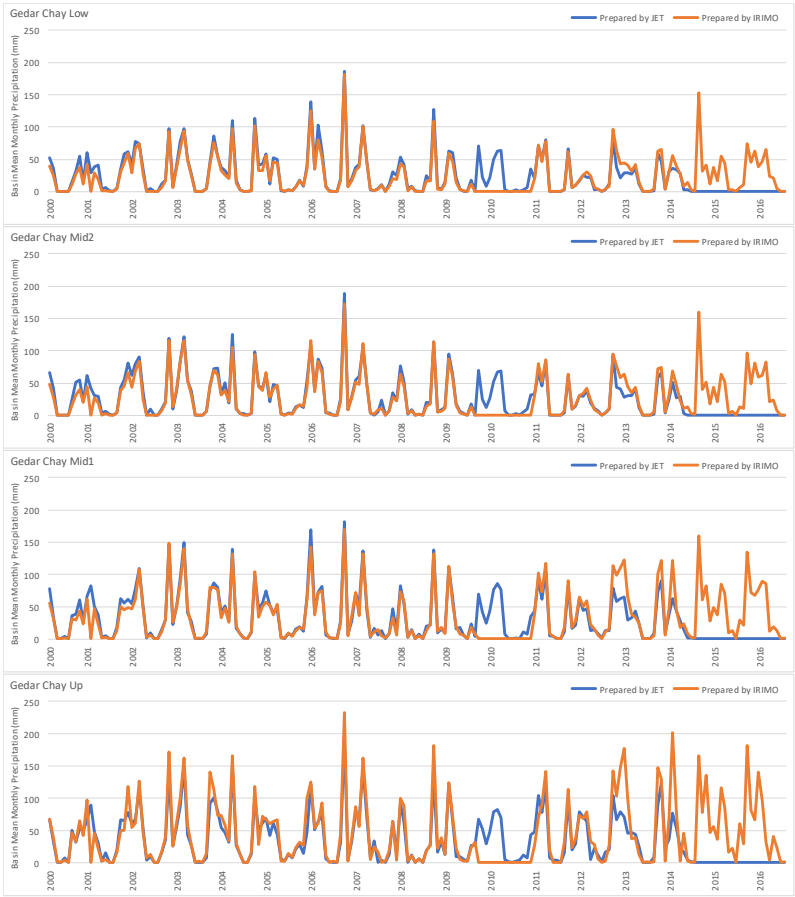


図 3.2.8 地上観測雨量を用いた流域平均雨量と分布型降雨データとの比較

(4)　流量データの適合性チェック

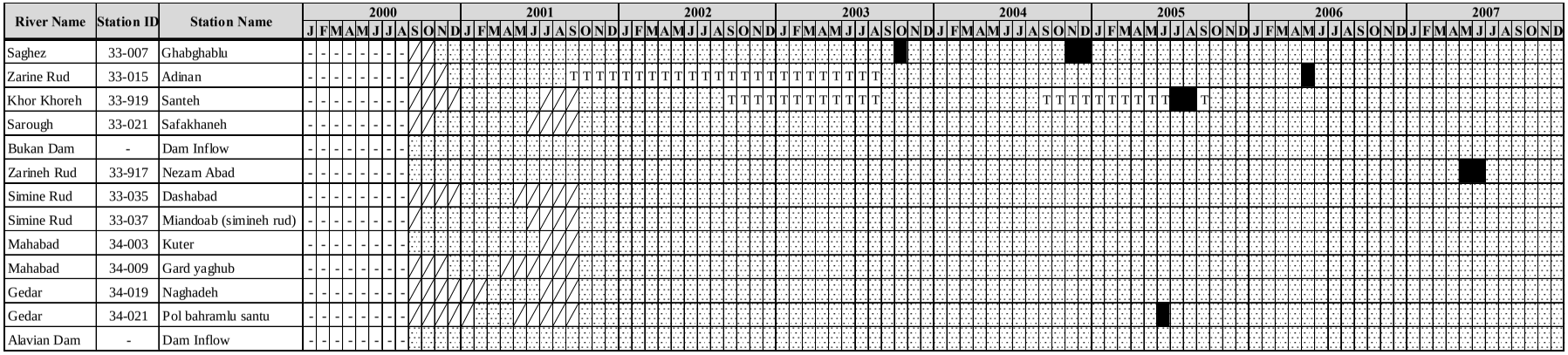
収集された流量データの適用性および妥当性の確認のため、オルミエ湖流域のすべてのキャリブレーション地点での日流量データをチェックし、時系列変化と年間流出率の側面から適用性を分析した。流量データのチェック結果の概要を以下に示すとともに、すべてのキャリブレーションポイントでのチェック結果を添付資料５６１に示す。

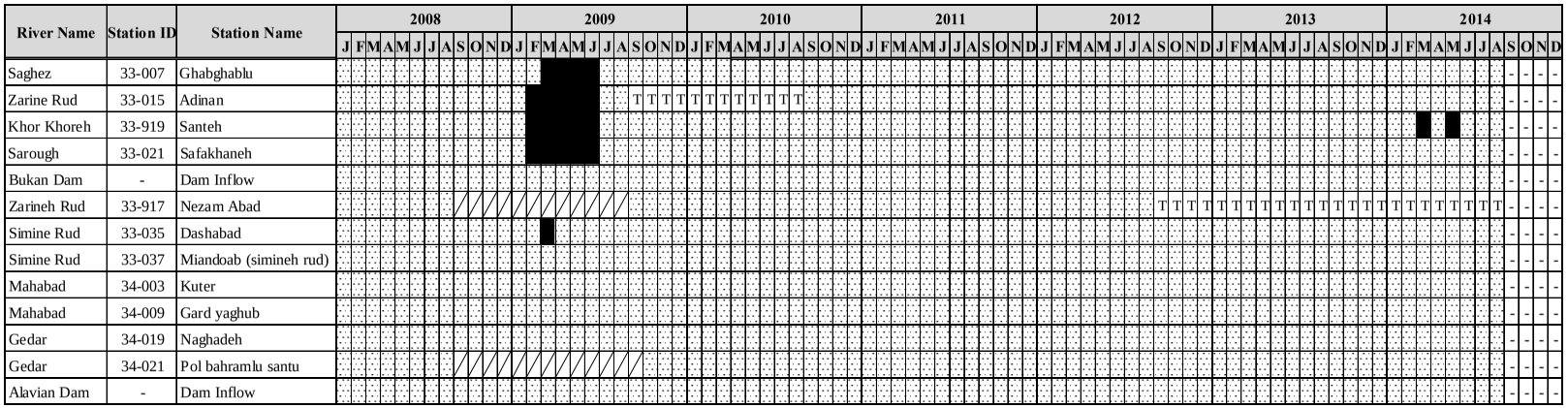
3.2.6　南部流域キャリブレーション地点における流量データチェック

(1)　日流量データのチェック

一部のキャリブレーションポイントの流量データは、欠測補填のため、日流量データが線形補間されているように見受けられる。（例：図 3.2.9 の 2009 年）。シミュレーション結果の評価においてでは、疑わしい傾向のあるこれらの期間は、キャリブレーション精度の評価のために省略された。

表 3.2.7　キャリブレーション地点における流量データのチェック結果概要（南部流域）





Applied period for evalutation of calibration using NS Efficiency
Rejected period for evalutation of calibration using NS Efficiency
T To be checked (the period when the annual runoff ratio exceeds 1.0)
Missing

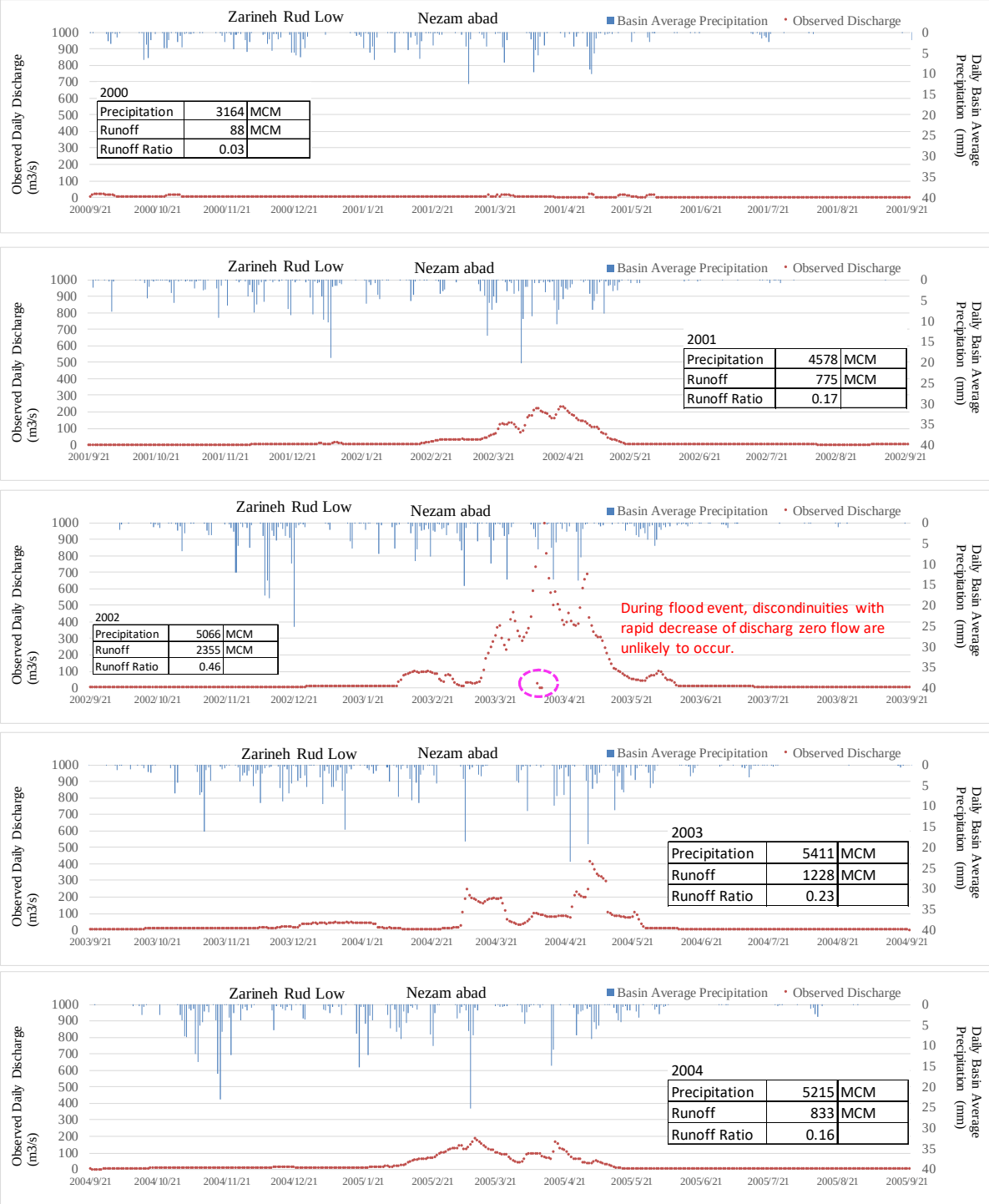
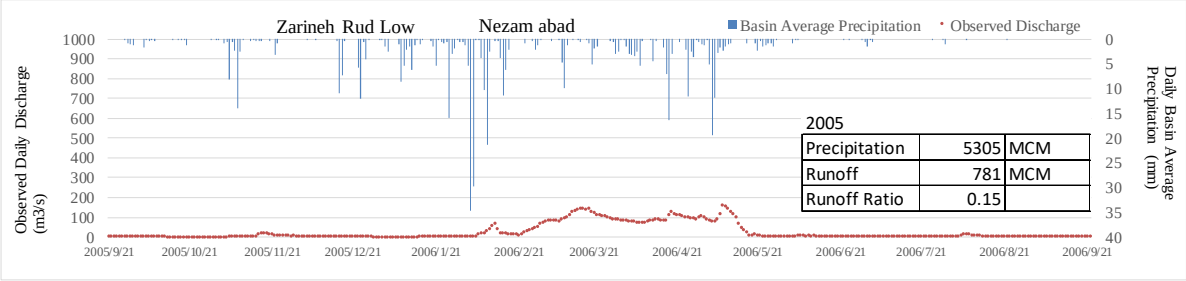
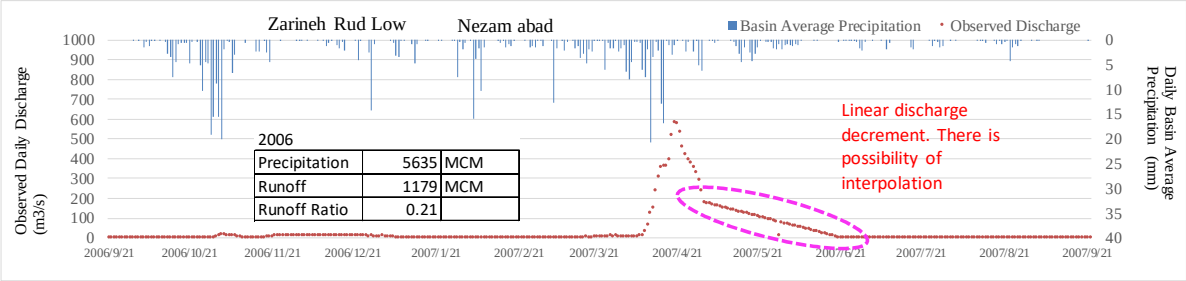
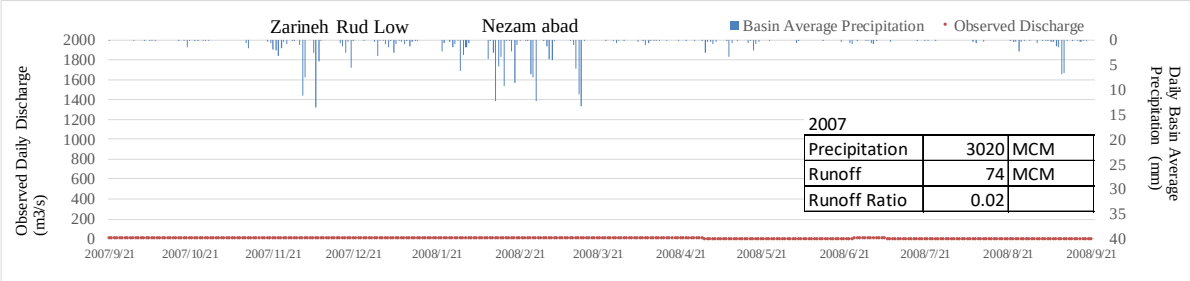
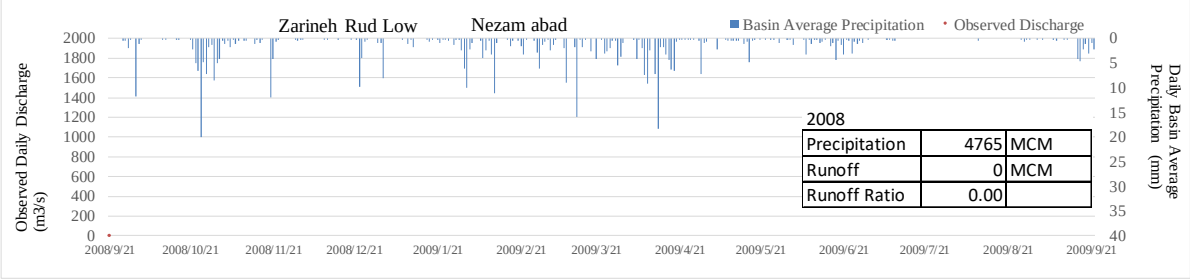


図 3.2.9　　流量データのチェック結果例　(Nezam Abad 流量観測所) (1/3)









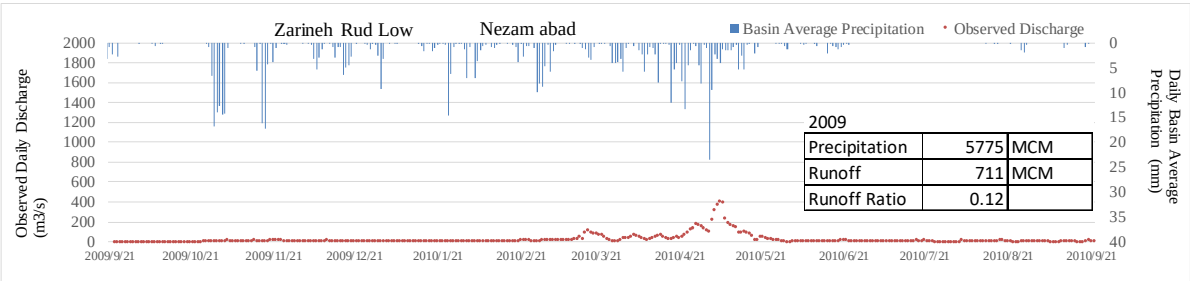


図 3.2.9　　流量データのチェック結果例　(Nezam Abad 流量観測所) (2/3)

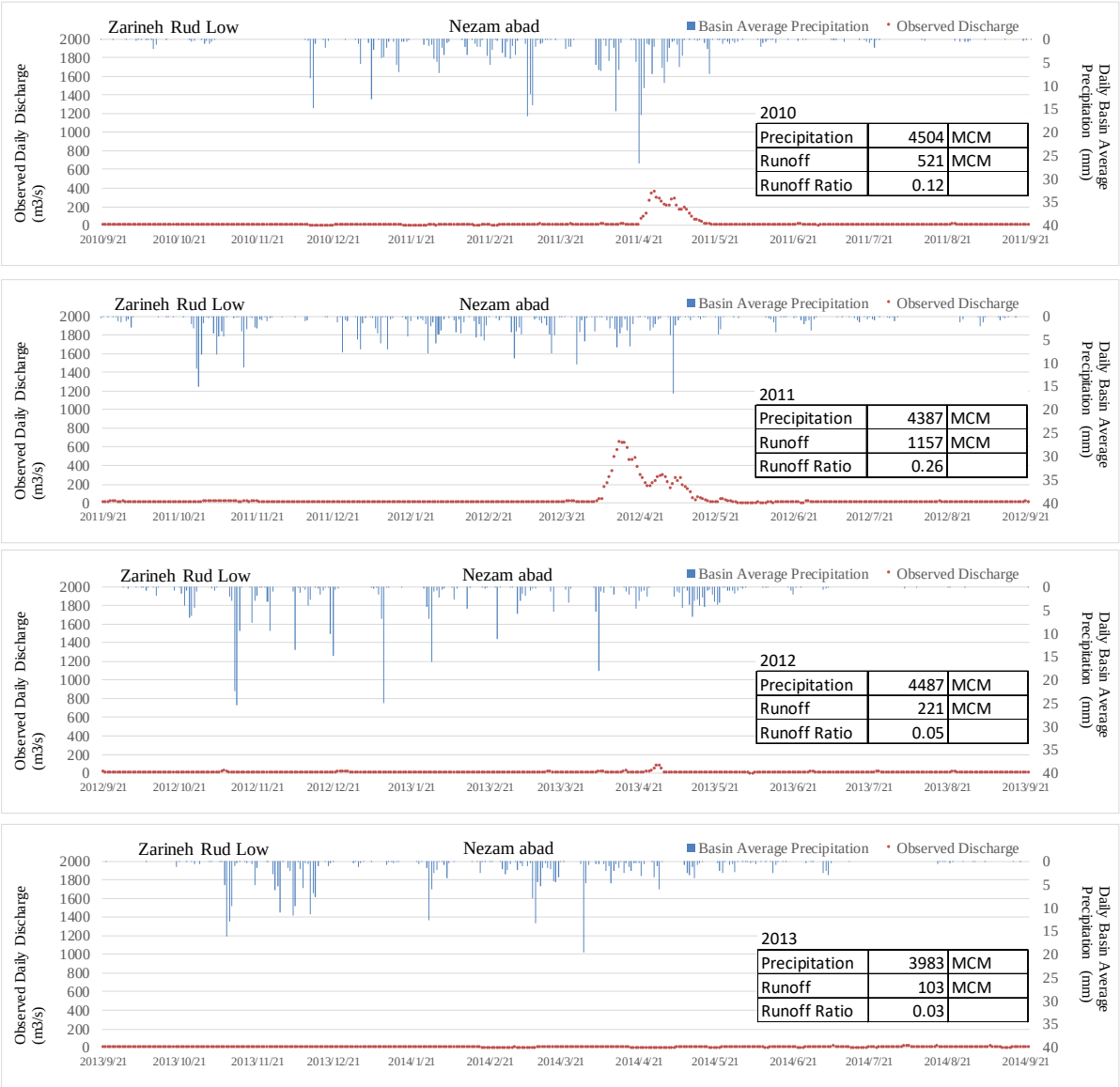
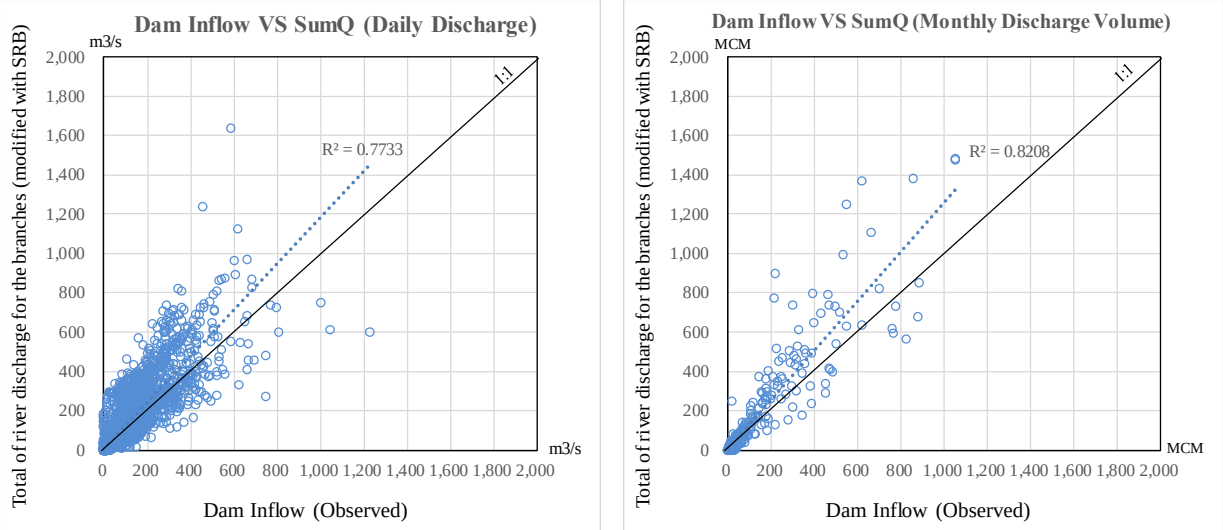


図 3.2.9　　流量データのチェック結果例　(Nezam Abad 流量観測所) (3/3)

(2)　Bukan ダムにおけるダム流入データの確認

ダムの流入量は、ダム流入量データと上流支川（Saghez、Zarine Rud、Khor Khoreh、Saruq Chay）の河川流量の合計と比較することにより確認を行った。流量観測所の集水域と支川流域を面積比で調整し積算流量を計算した。図 3.2.10 は、日流量と月流量のそれぞれの相関関係を示す。河川流量の合計値において、日ベースおよび月ベースのダム流入量よりも大きい傾向がみられた。日ベースと月ベースの相関係数はそれぞれ 0.77 と 0.82 である。これは、1 地点の観測データでさえ、精度に限界があり、他の観測データと比較することによりシミュレーションの精度に影響することを示している。



*Modification Rate = <Catchment Area at Sub River Basin> / <Catchment Area above Hydrological station>
Saghez (Ghabghablu): 1.804, Zarine Rud (Pol anian): 1.174, Khor Khoreh (Santeh): 2.568 and Saroq Chay (Safakhaneh): 1.083

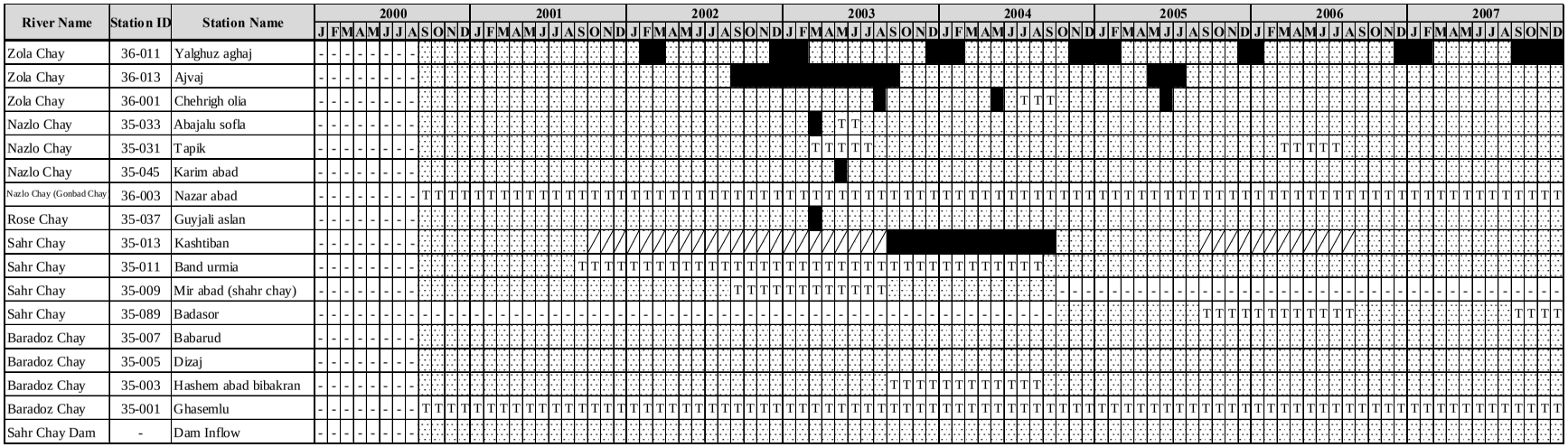
図 3.2.10　　ダム観測流入量データと支川流量データの比較

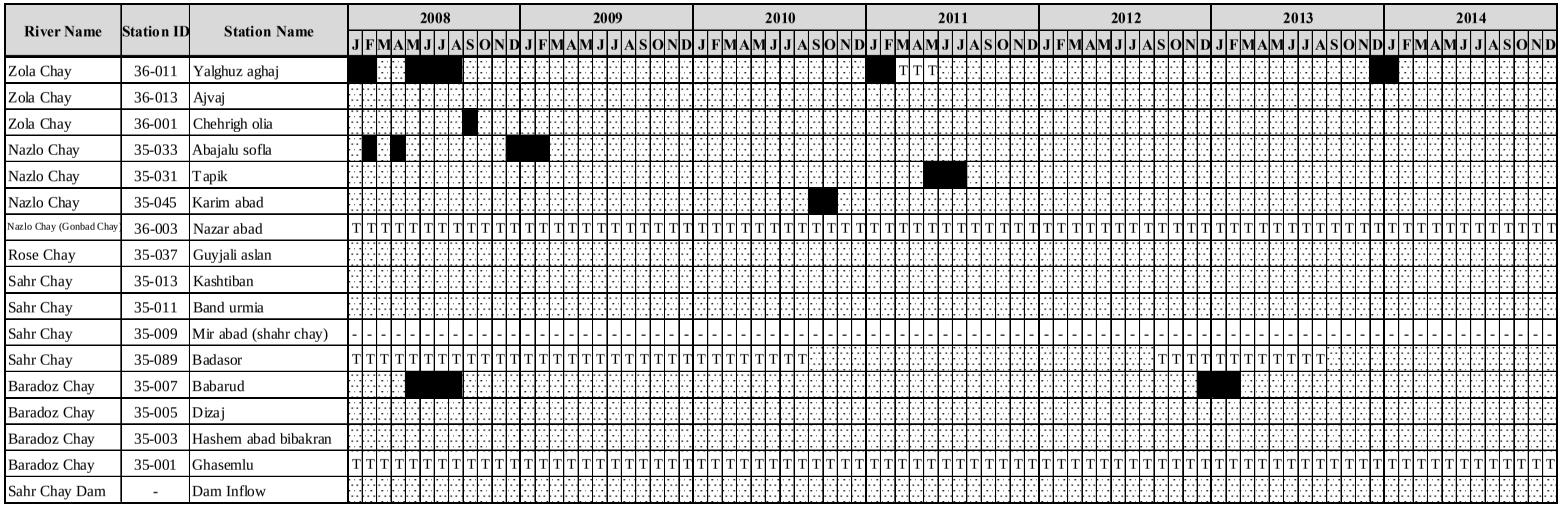
3.2.7　西部流域キャリブレーション地点における流量データチェック

(1)　日流量データのチェック

南部流域と同様に、一部のキャリブレーション地点では、欠測補間のため線形補間されている部分が見受けられた。

表 3.2.8　キャリブレーション地点における流量データのチェック結果概要（西部流域）





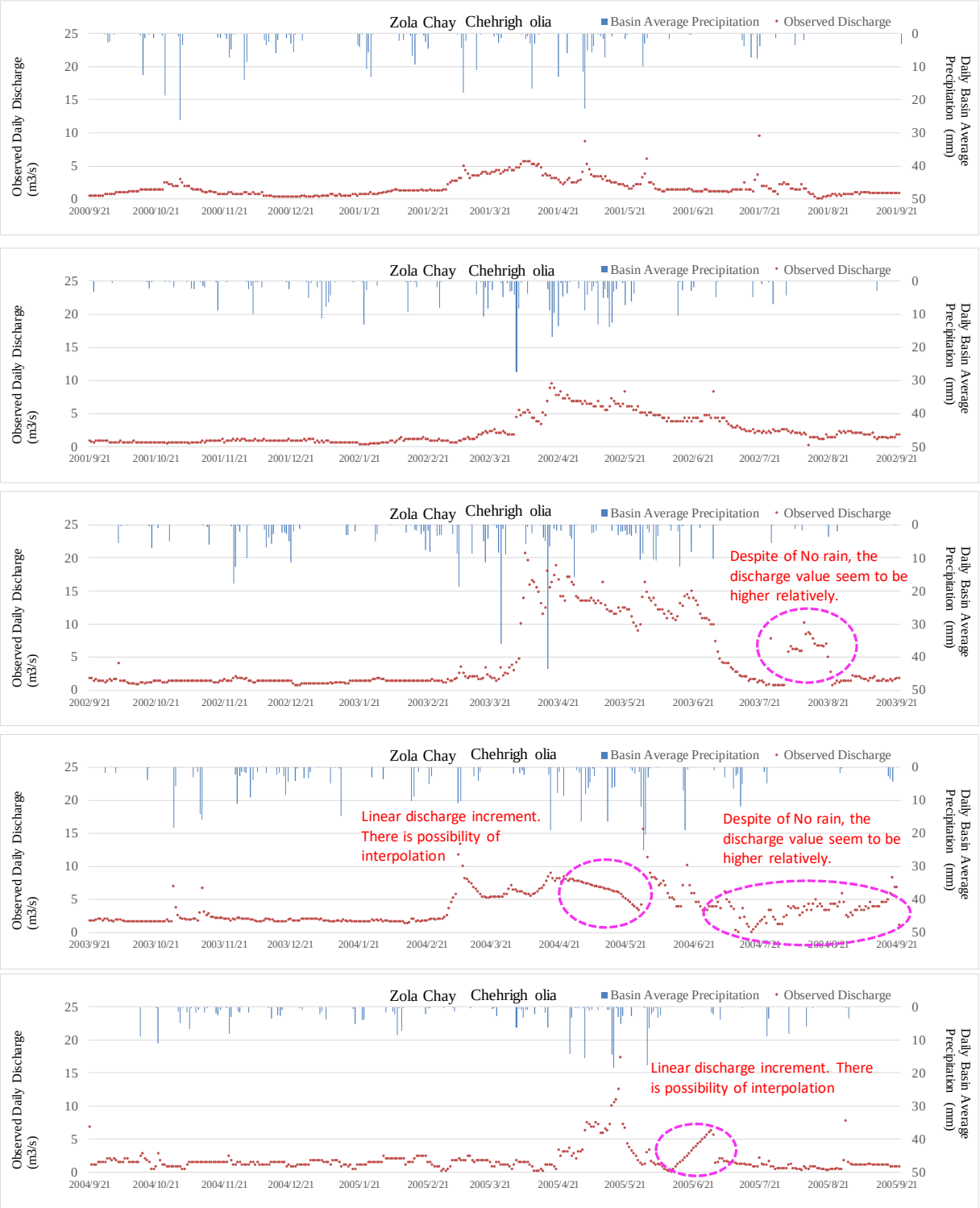


図 3.2.11　流量データのチェック結果例（Chehrigh olia 流量観測所）(1/3)

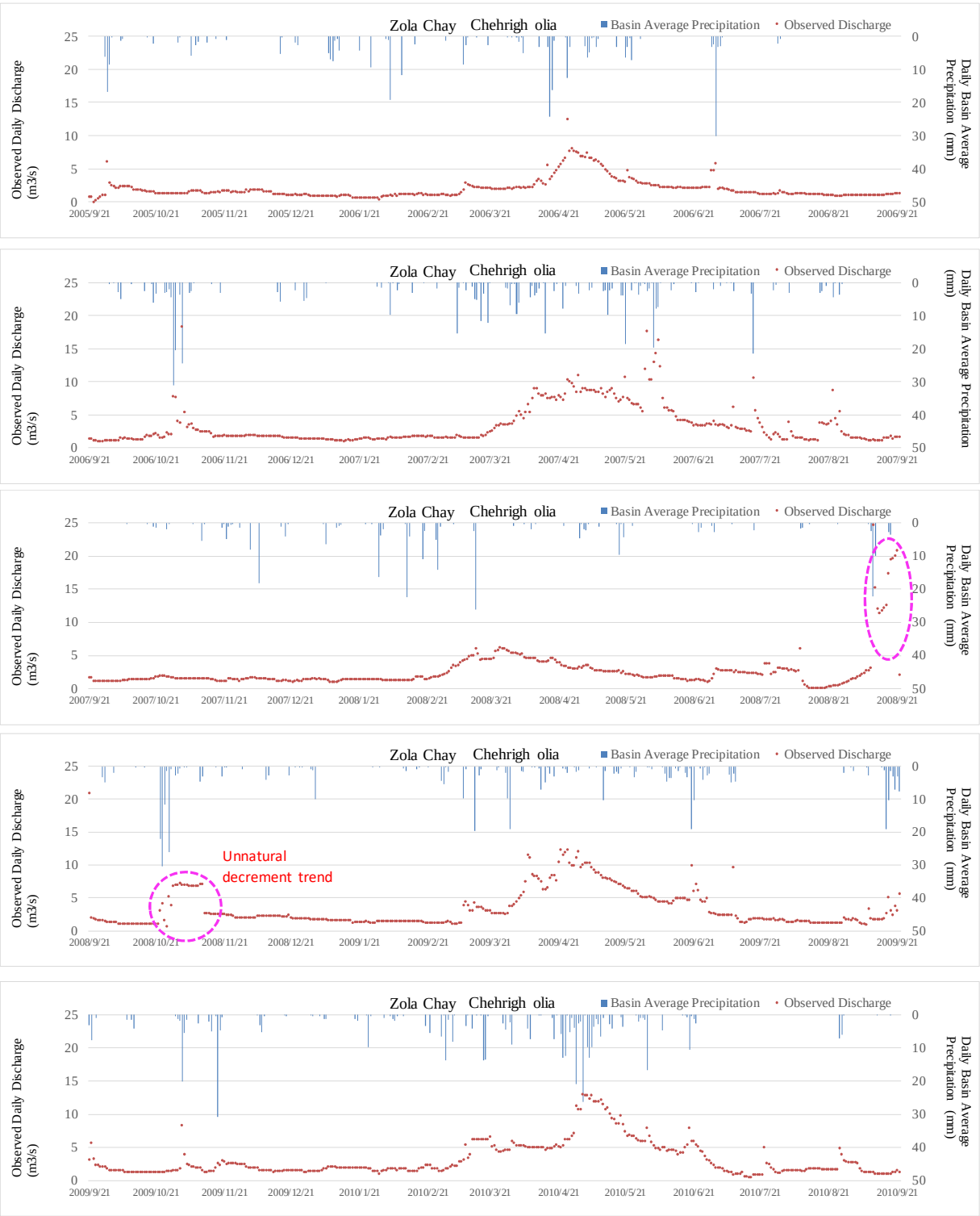


図 3.2.11　　流量データのチェック結果例（Chehrigh olia 流量観測所）（2/3）

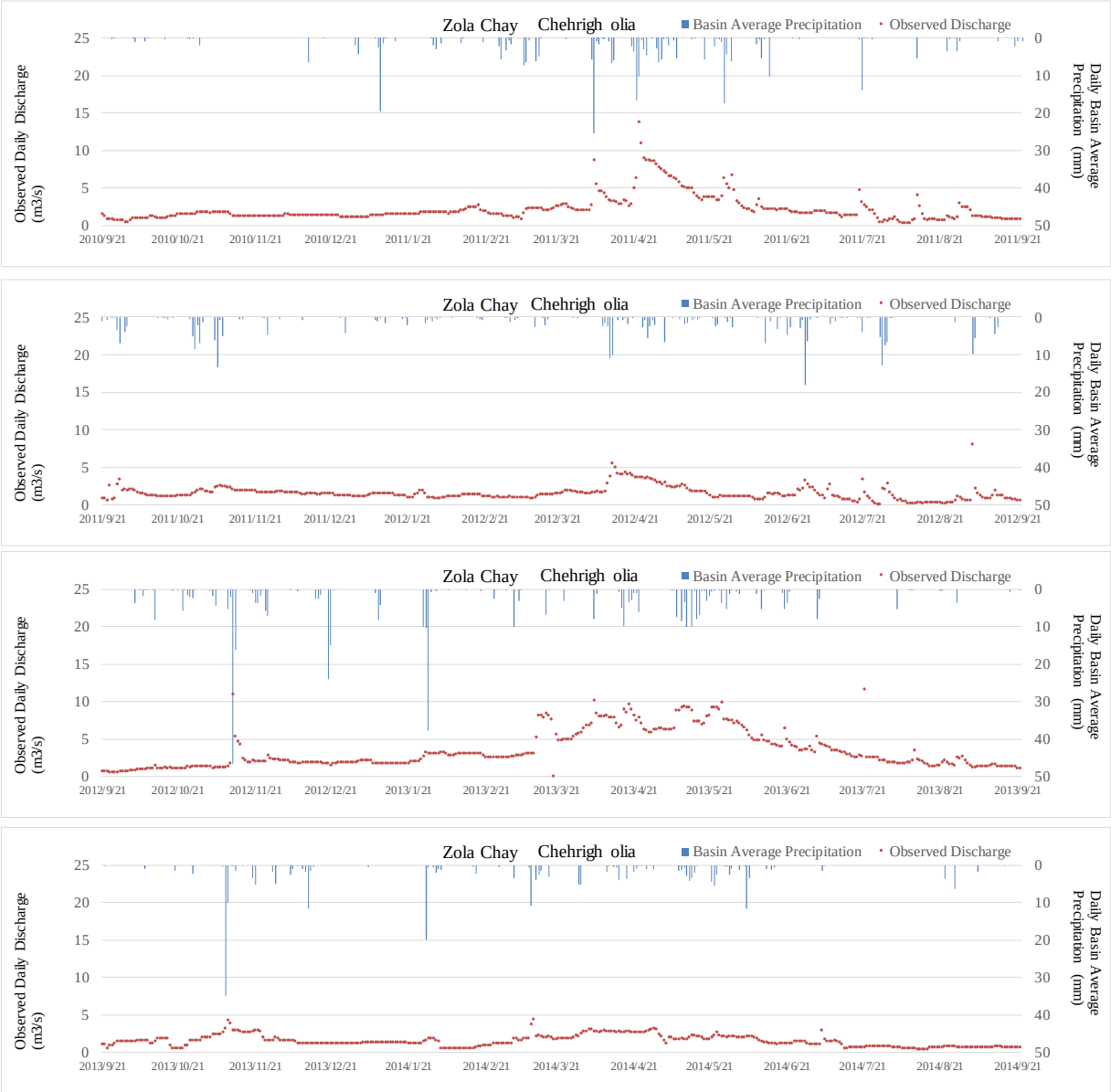


図 3.2.11　　流量データのチェック結果例（Chehrigh olia 流量観測所）(3/3)

(2)　流量データチェックの重点箇所

以下に示した流量観測所については、上流と下流のバランス、降雨流出特性、流出率等の水文的重要な視点から、キャリブレーション地点の流量データのチェックを重点的に実施した。水文現象を説明できない観測値が確認された場合、水循環モデルで適切な計算が実施できない。よって、データ品質が確保できないデータ期間は、検証プロセスにおいて除外することとした。

(a)　Yalghuz Aghaj 流量観測所(36-011)

WRC によると、オルミエ湖に最も近い水文観測所である Zola Chay 川の Yalghuz Aghaj 水文観測所（36-011）には、フロート式の手動観測システムがある。図 3.2.12 の写真は、水文観測所周辺を示す。河床材料は主に細砂、シルト粘土、粘土で構成されており、容易に浸食される傾向にある。護床工が設定されていないため、洗掘により流量観測器周辺の河床が低下したように見受けられる。この場合、観測器取水管の取水口高さが河床の最低高さより 1m 以上高く、この影響によって河川流量を過小評価している可能性がある。同時に、取水口レベルより水位が低い場合は流量観測は行われない。また、堆砂による河道形状が改変されることにより、流況が変化するとともに水位上昇または下降が発生し、河川流量を正確に観測できていないと推察される。

図 3.2.13 は、Zola Chay ダムの建設が完了する前の 2000 年 9 月から 2001 年 8 月までの Zola Chay ダムの上流に位置する Yalghuz Aghaji 流量観測所と Chehirigh Olia 流量観測所で観測された河川流量の変化図である。集水域は、それぞれ 2,204 km^2 と 819 km^2 となっている。Chehirigh Olia 流量観測所では、融雪期および雨季（3 月から 6 月）に流量の増減が確認されているが、Yalghuz Aghaji 流量観測所では、洪水期の中盤に小さな洪水パターンが記録されたのみであり、最大の洪水期でも河川流量のゼロ値が記録されている。Yalghuz Aghaj 流量観測所では、水文年の 2008 年と 2009 年において洪水期のタイミングが異なっていたにもかかわらず、非灌漑期である 2010 年 3 月にも洪水を示唆するような流量は記録されていない。以上のことから、Yalguz Aghaj 流量観測所における河川流量は定常的に過小な観測値を記録していると推察される。

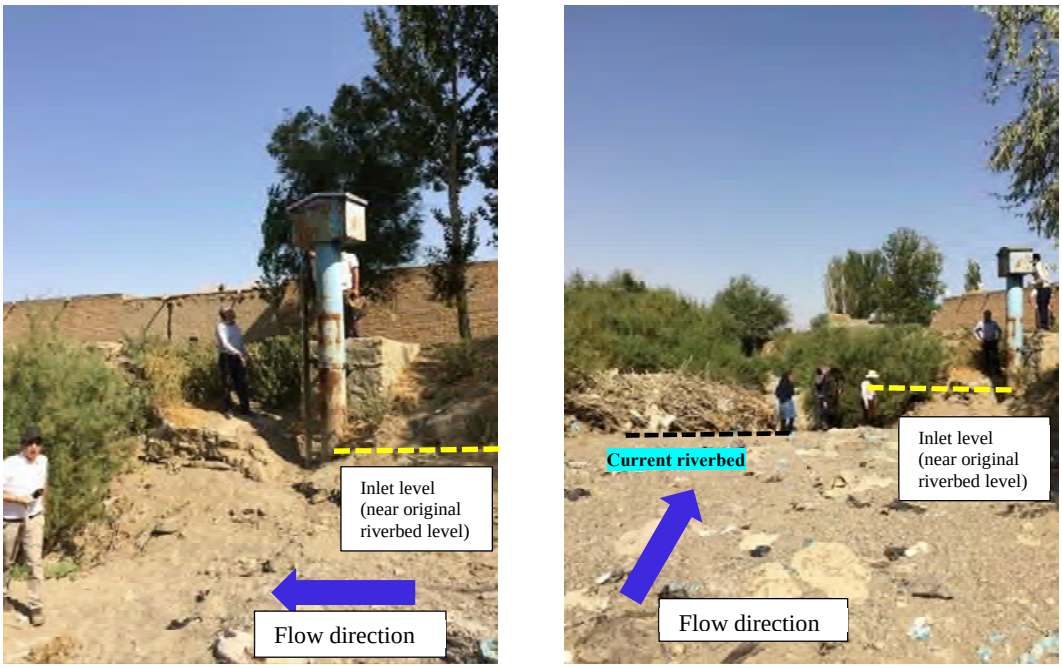


図 3.2.12 Yalghuz Aghaj 流量観測所（Zola Chay 川）

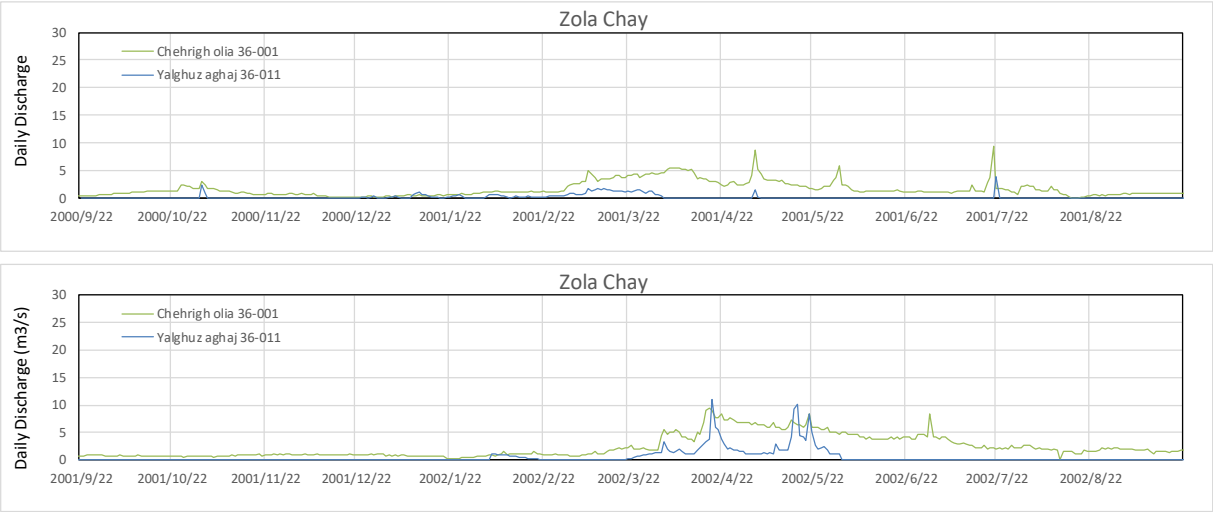


図 3.2.13　　ハイドログラフ（Yalghuz Aghaji 流量観測所および Chehirigh Olia 観測所）
（上段:2008 年、下段:2009 年）

(b)　Band Urmia 流量観測所（35-011）

Shahr Chay 川の Band Urmia 流量観測所（35-011）は、Shahr Chay ダムの下流約 10 km に位置している。図 3.2.14 は、Band Urmia 水文観測所周辺を示す。図 3.2.15 は、Band Urmia 流量観測所と Shahr Chay ダム放流量の変化図を示す。この流量観測所とダムの間には取水堰のような河川構造物および灌漑地域は存在しないが、ダム放流量データと水位観測所の流量データは異なるパターンを示している。構築されたモデルでは、Shahr Chay ダムのダム放流量をポイントソースとして 1 次元河道モデル（MIKE-11）の境界条件に適用した。よって、キャリブレーションにおいて、Shahr Chay ダムの下流の Band Urmia 流量観測所の流量データは、水循環モデルの計算値と一致しないことを示す。

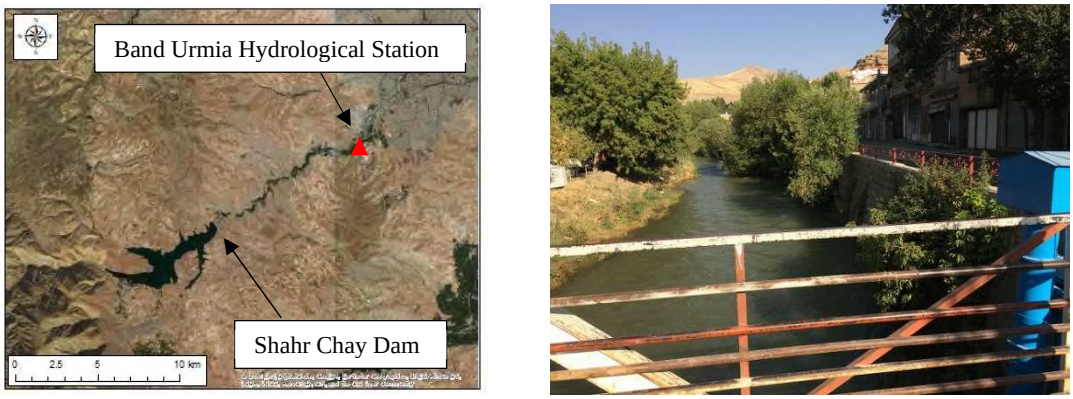


図 3.2.14　　Band Urmia 流量観測所の位置と河川状況（Shahr Chay JII）

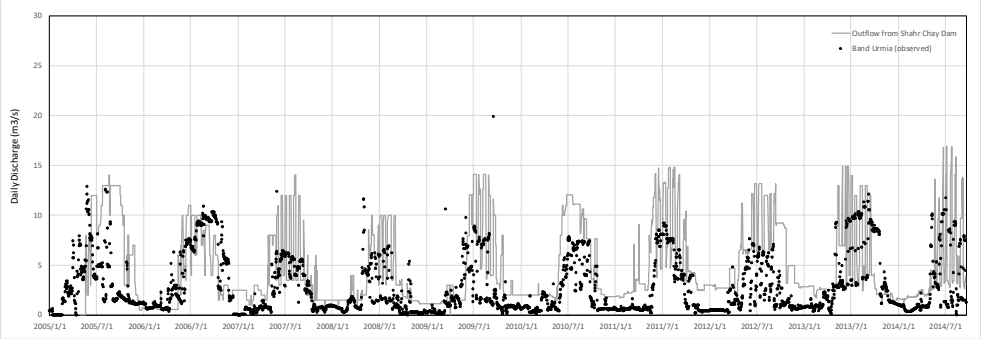


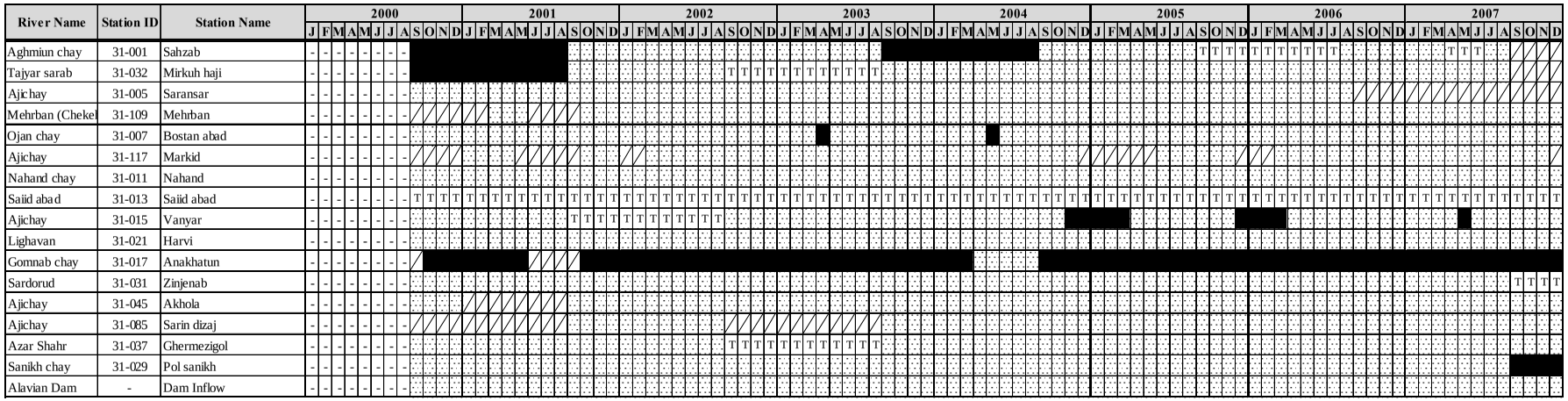
図 3.2.15　　Shahr Chay ダム放流量 and Band Urmia 流量観測所における河川流量の比較

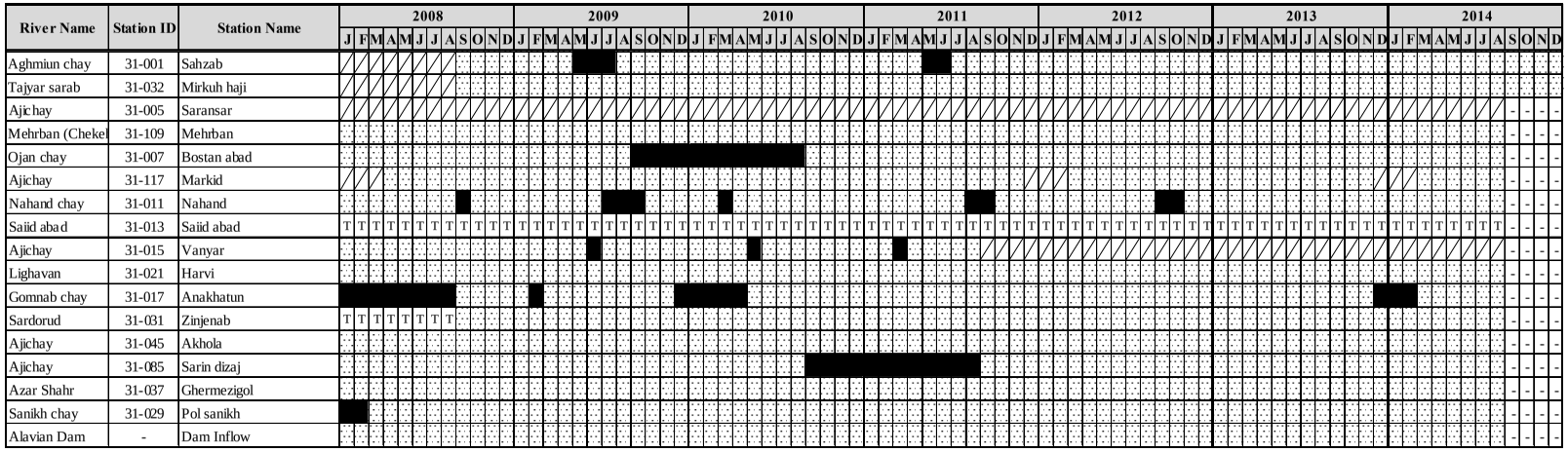
3.2.8 東部流域キャリブレーション地点における流量データチェック

(1)　日流量データのチェック日別傾向検査

南部流域、西部流域と同様に、一部のキャリブレーション地点では、欠測補間のため線形補間されている部分が見受けられた。

表 3.2.9　キャリブレーション地点における流量データのチェック結果概要（東部流域）





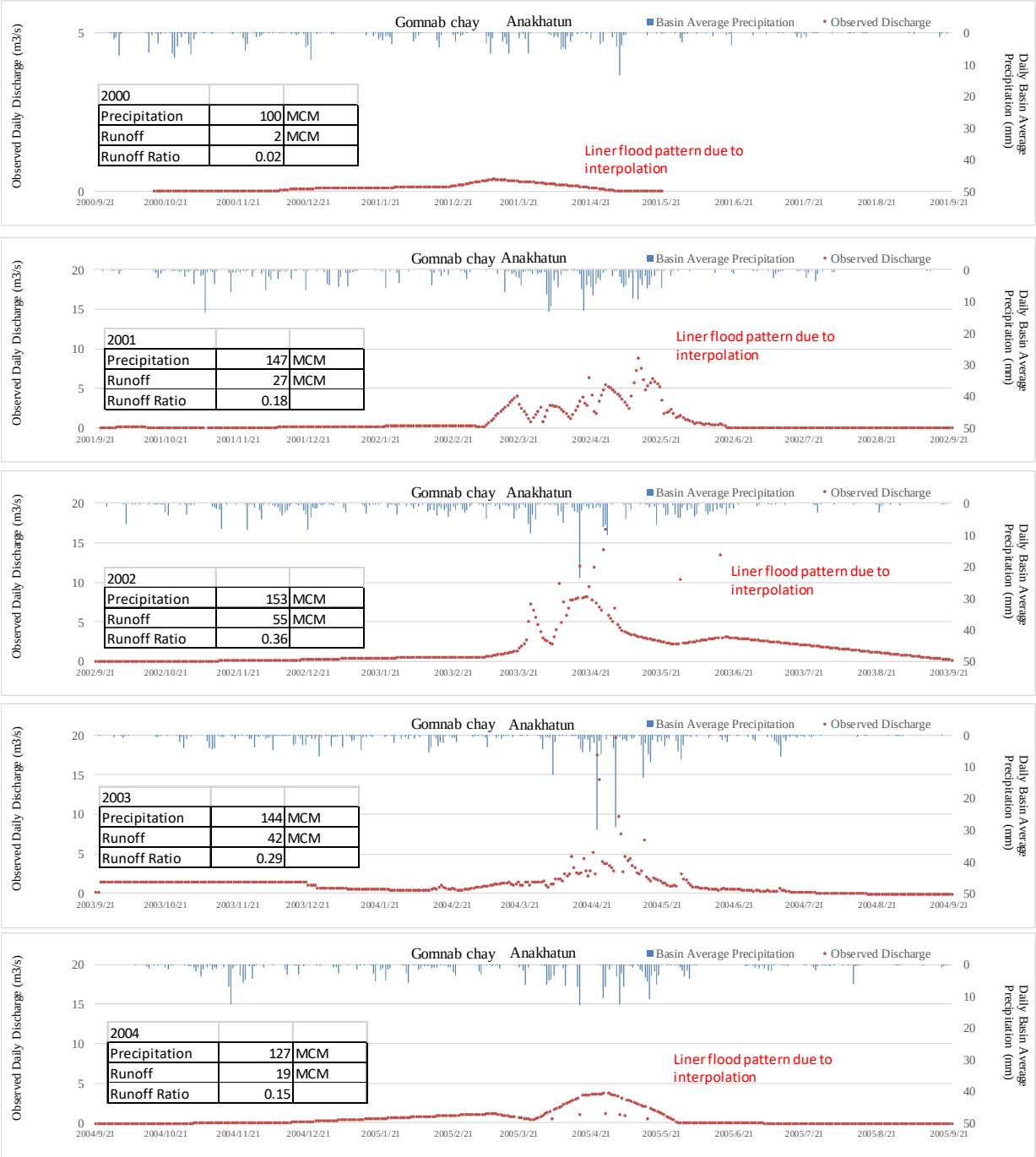


図 3.2.16　　流量データのチェック結果例（Anakhatun 流量観測所）（1/3）

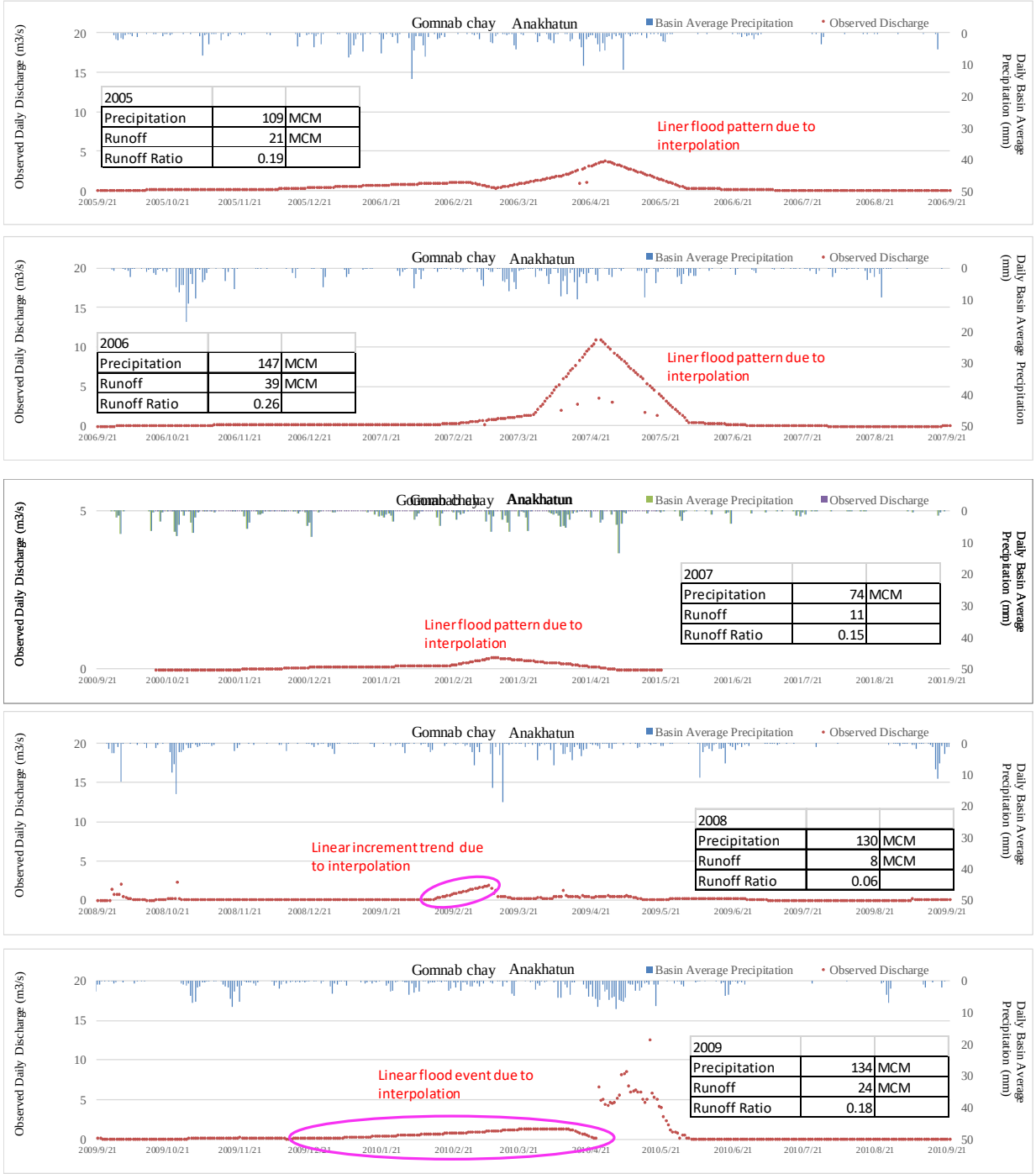


図 3.2.16　流量データのチェック結果例（Anakhatun 流量観測所）（2/3）

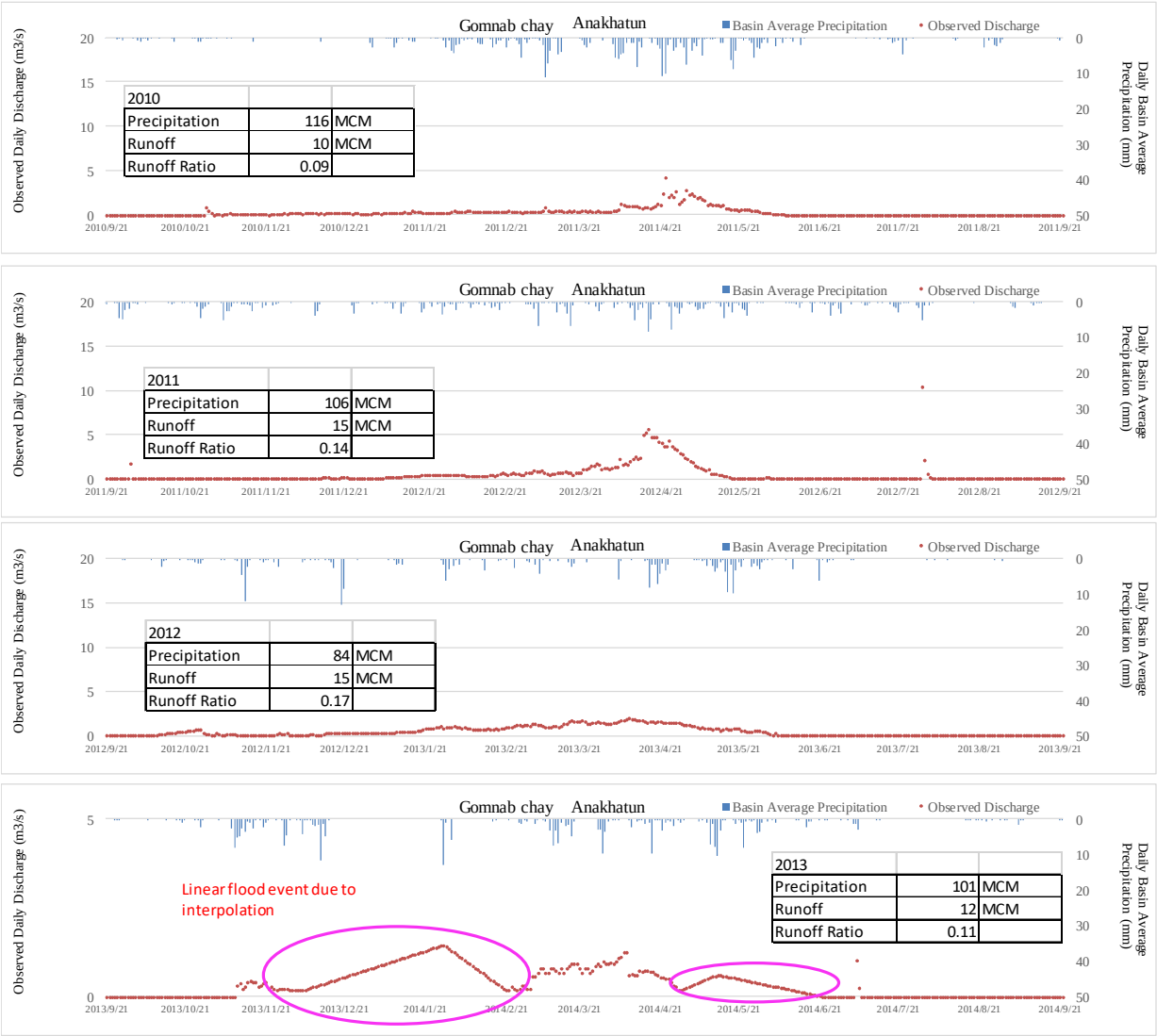


図 3.2.16　　流量データのチェック結果例（Anakhatun 流量観測所）(3/3)

(2)　流量データチェックの重点箇所

(a)　Akhola 流量観測所(31-045)

Aji Chay 川の Akhola 水文観測所（31-045）は、オルミエ湖の上流約 50 km に位置し、オルミエ湖に流入する河川流量を監視する重要な水文観測所の 1 つである。図 3.2.17 は、Akhola 水文観測所周辺を示す。ゲージが設定されたパイプは、激しい洗掘によって引き起こされる河床低下が発生する場所のすぐ下流に設置されている。図 3.2.17 に示すように、この河床の状況は、測定点で乱流を引き起こし、観測精度の保たれない可能性がある。

図 3.2.17　Akhola 流量観測所

3.2.9　地下構造

本調査の開始時に開催された調査チームと ULRP の調整会議では、ULRP から 3 次元地質モデルが提供される計画であった。しかしながら、3 次元地質モデルの精度が本調査で構築される水循環モデルに適用するには十分ではないことが判明したことから、ULRP は JICA に地質学専門の要員の派遣を要請、ULRP から提供された 3 次元地質モデルの精度向上させるための活動を行うこととなった。2017 年 11 月に調査チームの地質専門団員による活動が追加実施された。4.6.1 章で詳述する。

3.2.10 蒸発量

WRM の測定によるパン蒸発量データ（1975 年から 2013 年までの 64 ポイント）を収集した。図 3.2.18 は、南部地域の調査地点における 1 か月のパン蒸発量と月間降水量の変化を示した。乾季の計器蒸発量は 200mm から 400mm に変化しており、異常値と認められる値は確認されていない。本調査において使用する蒸発散量および蒸発量は、衛星画像を用いた METRIC 法で算出することとなっており、同パン蒸発量の観測値は参考値として扱う。

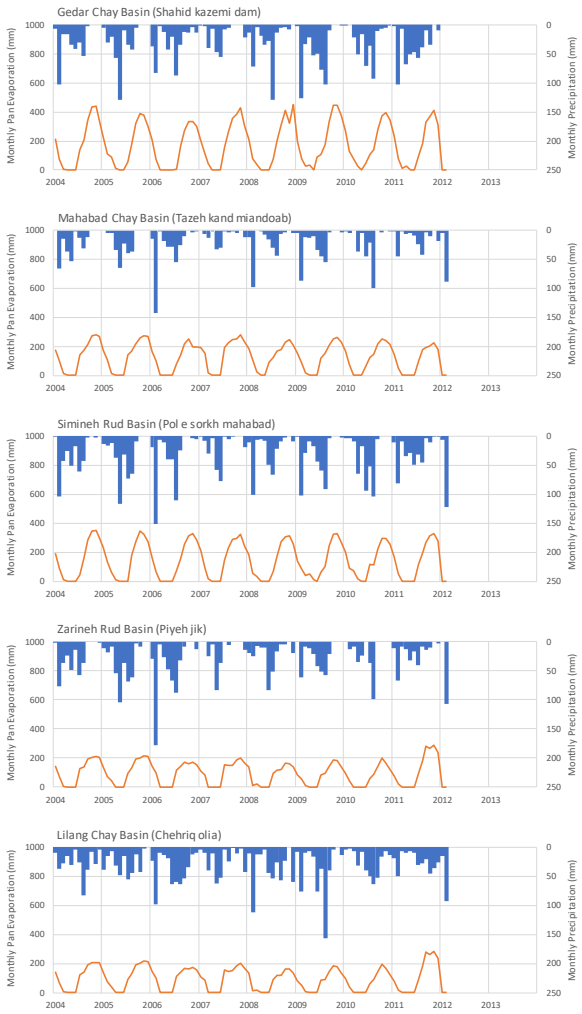


図 3.2.18　　パン所発領と雨量データの経年変化図

3.2.11 その他の情報（灌漑効率）

(1)　概要

オルミエ湖流域の灌漑地区のひとつである Miandab 地区を対象として農業用水の削減方策検討が ULRP により実施されている。この対象地域を図 3.2.20 に示した。この検討概要は以下のとおり。

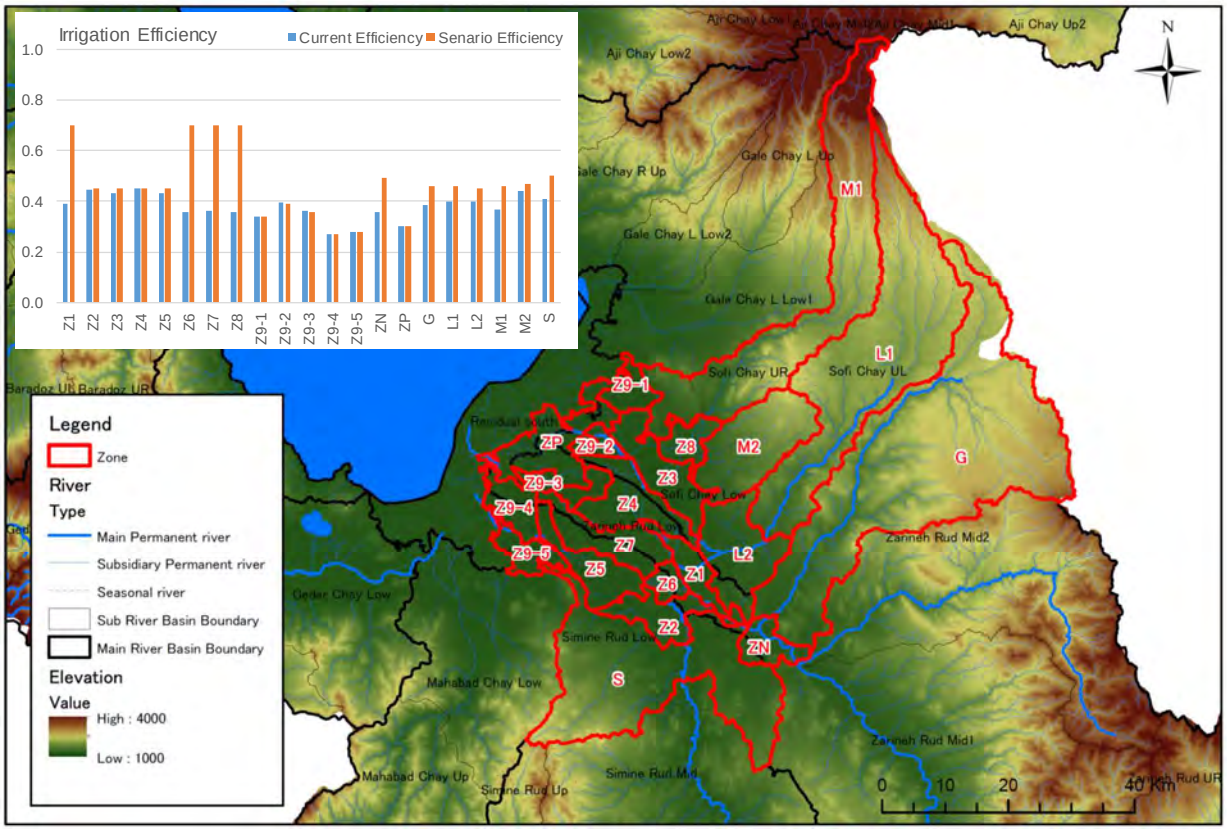
ULRP は、オルミエ湖の回復のために農業部門での水の消費を抑制および削減する必要があることを認識している。この方向性に基づき、農業用水（表流水と地下水）の 40%削減に重点を置いた供給管理、残りの 60%の灌漑効率向上プログラムの準備および実施計画など、実用的な内容が検討されている。供給管理と灌漑効率向上プログラムの重視に加えて、Simine 川と Zarine 川の土地（農地）収用により、Miandab 計画区域の農業水利用量を減少させる見込みである。図 3.2.20 は、対象計画位置図と、対象計画の地区分割図を示す。

(2)　水循環モデルに採用された灌漑効率

ULRP は、上記の農業用水削減対策が今後約 10 年で完了した場合、表 3.2.10 および図 3.2.19 に示すように、灌漑ゾーンごとの灌漑効率の向上が得られると結論付けている。調査では、MIKE-SHE のパラメーターの一部として下表の灌漑効率を適用することにより、モデルのキャリブレーションが行われた。

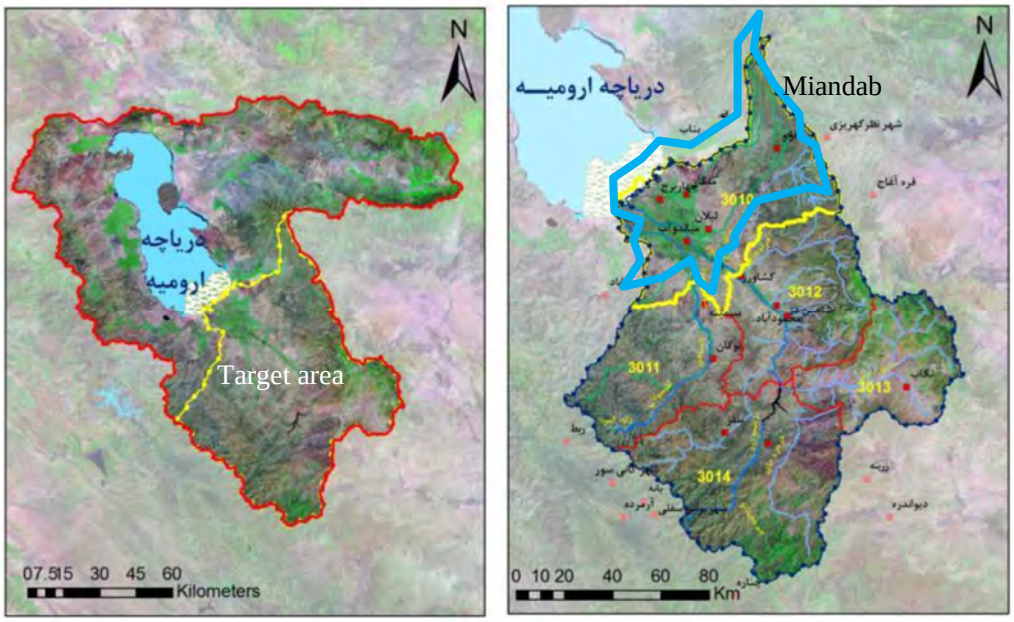
表 3.2.10　　各灌漑ゾーンごとの灌漑効率

Zone	Current Efficiency	Scenario Efficiency
Z1	0.39	0.70
Z2	0.45	0.45
Z3	0.43	0.45
Z4	0.45	0.45
Z5	0.43	0.45
Z6	0.36	0.70
Z7	0.36	0.70
Z8	0.36	0.70
Z9-1	0.34	0.34
Z9-2	0.39	0.39
Z9-3	0.36	0.36
Z9-4	0.27	0.27
Z9-5	0.28	0.28
ZN	0.36	0.49
ZP	0.30	0.30
G	0.39	0.46
L1	0.40	0.46
L2	0.40	0.45
M1	0.37	0.46
M2	0.44	0.47
S	0.41	0.50



Source: Prepared by the Survey Team based on data provided by ULRP

図 3.2.19　　灌漑効率計算の領域分割図



Source: Implementation methods of 40% decline in agricultural water consumption in Zarinerud and Siminerud Basin (Yecom)

図 3.2.20　　農業用水削減対策検討の対象地域

3.3　蒸発散量データ取得に向けた METRIC の適用

本調査では、オルミエ湖流域全体の蒸発散量（ET）に関する情報が、Sharif 工科大学のリモートセンシング研究センター（RSRC）によって作成・提供された。定量的な「検証」は予定されていないが、RSRC の ET データの品質は調査チームによって評価された。本節では、RSRC の ET 算定に関する現在の状況と将来の改善計画を取りまとめた。

3.3.1 METRIC の導入（ET 蒸発散量算定法）

流域スケールの ET の空間分布を評価するために、RSRC は METRIC による ET 算定モデルを用いている。METRIC は、衛星画像と地上で観測された気候データを使用して、衛星画像の解像度に依存する高解像度の空間分布を持つ大規模エリアの ET の推定を可能にする。モデルの詳細な説明は、「Allen, et al., 2007 a,b」に記載されている。

RSRC によって採用されていた「METRIC-2002（Allen, et al., 2002）」は、「SEBAL Idaho Implementation 2002」とも呼ばれ、標準の「METRIC モデル（Allen, et al., 2007 a,b）」の古いタイプであり、「SEBAL モデルの変形（Bastiaanssen, et al., 1998 a,b）」であり、世界で広く受け入れられている ET 算出モデルの 1 つである。

(1)　METRIC の基本的な方法論

標準的な METRIC の基本的な考え方とアルゴリズムは以下の通りである。モデルの詳細な説明は、「Allen, et al., 2007 a,b」に記載されている。モデルの標準バージョンとプロトタイプバージョンの違いは、このセクションの後半に示した。METRIC は、衛星画像、デジタル標高モデル、地上観測の気象データを入力データとして使用し、表面放射とエネルギーバランスを解くことで ET を推定する。短波（可視の近赤外線）と長波（温度または熱）の両方の衛星観測が必要である。Landsat[1]と MODIS[2]（MODerate resolution Imaging Spectroradiometer）の画像は、短波と熱の両方の情報を持つ主要な衛星画像であるため、METRIC で使用されることが一般的である。METRIC による ET 概算のフローチャートを図 3.3.1 に示す。

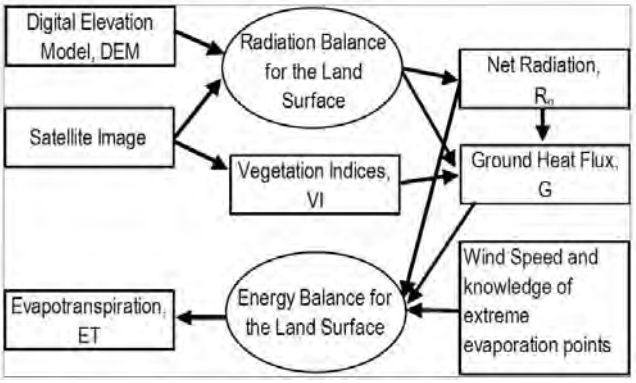


図 3.3.1　METRIC による蒸発散量推定における一般的な計算プロセス

最初に、表面放射バランスを解き、衛星画像の各ピクセルの純放射量が計算される。衛星の短波観測結果から短波放射バランスを解くための情報が得られ、熱の観測は長波放射バランスを解くた

[1] Earth observation satellite in the United States. Operation of Unit 1 started in 1972. Currently, No. 5 of launch in March 1984 and No. 7 launched in April 1999 are operated.
[2] Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Radiometer in the visible and infrared range installed in Terra and Aqua which are Earth observation satellites in the United States)

めの情報が得られる。デジタル標高モデルは、放射バランスに対する標高および地形効果に関する情報が得られる。第二に、潜熱フラックス（ET に容易に変換可能）は、表面エネルギーバランスを解くことによって導き出される。

$$Latent\ heat\ flux = Net\ radiation - Soil\ heat\ flux - Sensible\ heat\ flux \qquad (1)$$

土壌の熱フラックスは、表面放射バランスと植生情報の結果を使用して経験的に推定される。顕熱フラックスは、地表面の物理的性質（粗さなど）、地表面の熱、および気象条件を分析することにより、空気力学的アプローチを使用して推定される。

METRIC の独自の機能は、モデルに強力な「内部キャリブレーション」手順が組み込まれていることで、オペレーターがモデルに提供する情報に従って、農地のエネルギーバランスが極端な２つ場所（湿潤、乾燥）でキャリブレーションされる。この手順では、オペレーターが対象地域の農業形態および蒸発散量の状態に関する豊富な知識を必要とする。

METRIC によって、ET フラックスを直接推定できるのは、晴れ間の衛星画像が観測された瞬間のみである。ETrF（Reference Evapotranspiration Fraction）は、より長い期間（例えば、毎日、毎月、毎年）の ET を推定するために使用される。ETrF は、実蒸発散量フラックスと基準蒸発散量フラックスの比率として定義され、衛星情報から得られる ET フラックスと地上観測の気象データから計算できる。ETrF が計算されると、より長い期間の実蒸発散量（ETact）は、気象データを使用して式 2 によって推定される。

$$ETact = ETrF * ETr \qquad (2)$$

ここで、ETact は、各衛星画像ピクセルの単位期間（例：日）に対する実際の ET である。ETrF（ETr フラクション）は、衛星リモートセンシングによる分析によって決定される ET 関連のパラメーターである。ETr は地上観測の気象データによって計算され、「ASCE-EWRI（2005）」において「alfalfa-reference-evapotraspiration」と定義される。

(2)　METRIC の適用における留意点

一般的に、METRIC による推定結果は、空間分布が得られるとともに地表面エネルギーバランスの詳細な計算を可能にするため、従来の ET 推定方法（GMS、2015 など）と比較して信頼できる手法とみなせる。ただし、地形効果による制限、地上観測の気象データの精度、計算プロセスに係る制限により、この手法は慎重に適用する必要がある。

METRIC-2002 モデルの主な制限は次のとおりである。（1）山岳地形への適用性の低下（2）大気補正および表面放射率計算における精度などである。マニュアルが公開されていないため、METRIC モデルの標準バージョンは、より複雑で容易に活用できない状況にあり、本調査では、プロトタイプモデルの使用によって引き起こされる ET 推定における精度の潜在的な低下を軽減するために、RSRC によって ET 推定に係る評価にいくつかの改良を加えることとなった。

また、METRIC モデル（METRIC-2002 を含む）は基本的に農業用水管理用に開発されており、アルゴリズムでは、オペレーターが微気象学と農業用作物の水の要件に関する背景や知識を有している必要がある。RSRC による ET 推定の評価と修正作業に応じて、調査チームはこれらの専門分野に基づいたアドバイスを提供することで RSRC をサポートした。

(3) RSRC の推定 ET マップの概要

RSRC は、2000 年 3 月から 2016 年 12 月まで、オルミエ湖流域全体の MODIS 画像を使用して実蒸発散量（ET）を推定した。RSRC は、2002 年バージョンの METRIC モデル「METRIC-2002（Allen, et al., 2002）」を適用し、モデルに局所的な変更を加えながら ET を推定してきた。RSRC の ET マップの主な仕様を次の表にまとめる。

表 3.3.1 RSRC によって推定された ET マップの主な使用(2017 年 11 月時点)

Item	Description
Target Area	Whole Urmia Lake Basin, except the lake water surface.
Target Period	From March 2000 to December 2016
Spatial Resolution	1km (at nadir observation) or coarser, depending on the sensor angle of the selected image. Regardless of the actual spatial resolution, the ET maps are provided with 1km pixel size.
Temporal Resolution	Monthly, estimated by one-day-per-month satellite observation (RSRC has chosen best image out of several images for each month)

(4) RSRC が推定した ET マップの精度評価（2017 年 9 月現在）

調査チームは、RSRC による ET 推定の状況を確認するために、2017 年 8 月下旬から 9 月上旬にテヘランとオルミエ湖流域での調査を開始した。RSRC は、METRIC モデルの使用前に入力データ（衛星データ、地上観測の気象データなど）を慎重に評価している。

最初の調査により、現在の RSRC の推定 ET データは、流域規模の水収支の入力データの 1 つとして期待どおりに適用可能で価値があることがわかった。ただし、モデルに提供する前に追加の確認と改良が必要であった。確認完了の目標は 2 年以内、品質評価は調査終了までに完了する予定となった。RSRC との協議や現地調査により、RSRC による ET 推定結果の評価のための精度確保の課題を以下に示す。調査チームは、RSRC に対する詳細な検討事項を提案し、2018 年に RSRC および ULRP と共有した。

(a) モデル名

RSRC は、モデル名を SEBAL と称していた。これは、「Bastiaanssen, et al.（1998 a,b）」で示された著名な ET 推定アルゴリズムである。学術的には、RSRC が有するモデルは SEBAL よりも METRIC に近いものであった。それは、次の理由による。（1）モデルは、ETr を参照し、コールドピクセルにおいて顕熱ではなく潜熱を決定する。（2）モデルは、蒸発フラックス（EF）ではなく、ETr フラックス（ETrF）を適用する。

RSRC は元の SEBAL もオリジナルの METRIC も使用しないため、RSRC モデルが「Allen, et al., 2002」などを参照して構築されている場合、RSRC のモデルを METRIC 2002 と呼ぶことが推奨される。モデルの適切な名前を使用すれば、学術的に混乱の可能性が減少するためである。

(b) 入力データ

ET 推定のために RSRC によって採用された 2 つのタイプの主要な入力データがある。それは、（1）衛星画像（例：MODIS 衛星による可視、近赤外線、熱赤外線観測）、（2）地上観測の気象データである。衛星画像分析作業（入力データ、手順、オペレーターの決定など）と地上観測の気象

データ（気象データの精度と空間的な適用性）の両方が、ET 推定精度を評価するための調査の対象になる。

(c)　衛星観測画像データ

RSRC では、MODIS 衛星画像として、入力衛星データを慎重に評価した上で、MODIS の輝度画像と地表面温度画像を使用しています。瞬間的な地表面温度データが地理的に問題がある場合には日別地表面温度積を使用するなど、入力衛星データを適切に選択しています。

(d)　地上で測定された気象データ

オルミエ湖流域では、IRIMO（イラン国気象局）の管轄下に 17 の気象観測所が設置されている。調査により、RSRC は地上観測気象データについて、オルミエ観測所（WMO 観測所 ID = 40712、緯度= 37°39’、Lon = 45°03’、標高= 1,328m）のみ適用している（図 3.3.2 を参照）。この観測所の気象データが流域面積約 52,000 km^2 のオルミエ湖流域を代表できるかどうか確認する必要がある。

この観測所は、適切に設計および管理された気象観測所であり、気温、湿度、降水量、風速、日射量、日照時間、パン蒸発量、土壌温度などの標準気象項目を完全に観測している。その日射量データ（日射計で測定）には RSRC が直接アクセスできないため、RSRC は、日射量の代わりに日照時間を使用している。これは妥当な判断であった。

RSRC は、主にイラン国政府管轄の気象局のデータを直接取得したのではなく、スペインの気象学者（Ogimet.com）が運営するインターネットサイトを通じて入手したオルミエ観測所のデータを使用している。RSRC の日ベース気象データセットには観測日時の記録に問題があり、最大 24 時間程度の時間誤差が発生する可能性があった。しかしながら、調査チームは、水循環モデルへの課題は、月ベースまたはより長いタイムスケールで検討が行われるため、観測日時の誤差問題は修正しないことに同意した。

図 3.3.2　オルミエ気象観測所

(e)　コールド/ホットピクセルの選択

METRIC には、強力な内部キャリブレーション手順が組み込まれている。キャリブレーションは、「コールドピクセル」と「ホットピクセル」と呼ばれる極端な条件の 2 つのピクセルを使用して行われる。通常、オペレーターは各衛星画像に対して 2 つの極端なピクセルを選択し、これら 2 つのピクセルに蒸発散量を割り当てる。一般に、このプロセスは METRIC オペレーターにとって単純で

はないものお、ET 推定のため METRIC を使用する。ただし、モデルから ET 値を正常に取得するには、オペレーターは最初に、少なくとも 2 つの特定のピクセルについて、モデルに ET 値を入力する必要がある。

農業気象学と灌漑科学において ET 推定の研究は長い歴史を有しており、その経験に基づいて、農地に該当するピクセルが、コールドピクセルとホットピクセルとして選択されることが望ましい。したがって、モデルの適切なキャリブレーションを行うには、農業気象学と灌漑科学の知識をもったオペレーターが必要である。

RSRC は衛星画像解析を専門としており、気象や農業に関する知識や経験が不足している。これらの不十分さは、特に、コールドピクセルの不適切な選択や画素のキャリブレーション番号の割り当てによって、推定される ET の精度を低下させる可能性がある。現在の RSRC による画素の選択には、いくつかの課題がある。

コールドピクセルについては、RSRC ではりんご農園から画素を選択し、METRIC-2002 のマニュアルに沿って ET 値を設定しているが、マニュアルでは MODIS ではなく Landsat（Landsat）を利用していることを前提としている。しかし、このマニュアルでは、広大な農地には MODIS ではなく Landsat（つまり、MODIS よりもはるかに解像度が高い）を適用することを推奨している。このような状況下では、オペレーターは適切な判断が難しく、直近で灌漑された農地の熱情報だけを有するピクセルを選定してしまうことが予想される。この状態で MODIS を直接オルミエ流域に適用すると（解像度が粗く、圃場面積が小さい）、湿潤地域での ET の過大に推定する可能性がある。

また、ホットピクセルの選択については、RSRC はホットピクセルを選択した後、ホットピクセルからの ET をゼロと設定していた。これは半乾燥地域において ET を過小評価する可能性がある。標準 METRIC (Allen, et al., 2007)では、降雨による土壌水分の残留が予想される場合には、ホットピクセルからの ET をある程度考慮することを推奨している。現在の RSRC が有するアプリケーションでは、土壌水分の解析は行われておらず、必要に応じた修正ができない可能性もあるが、コールド/ホットピクセルの選択や値の割り当てについては、継続的に検討していく必要がある。

(f)　RSRC の ET マップの限界

3.3.1 に要約されている仕様は、RSRC が推定した ET マップの限界を以下に示す。

(i)　空間解像度

1～2 km の空間解像度とは、ET が 2 km × 2 km の空間分布平均（マップのピクセルサイズが 1km であっても）で比較的粗いことを意味するが、この地域の一般的な灌漑圃場のサイズは 100 m 未満 × 100m 未満と小さい。2 km × 2 km の空間解像度とは、1 つのピクセルに 200 m × 200 m、100 m × 100 m の用地（裸地、家、放牧地、道路など）が含まれることを意味する。さらに、ET マップの空間解像度は月ごとに一定ではない。これは、撮影する衛星のセンサー角度に依存することに起因する。

MIKE-SHE で構築される水循環モデルのグリッドサイズは 2km、流域面積は約 52,000km2 であり、RSRC から提供される 1km グリッドの ET マップは、流域規模の水収支アプリケーションにおいては、十分な解像度を備えている。

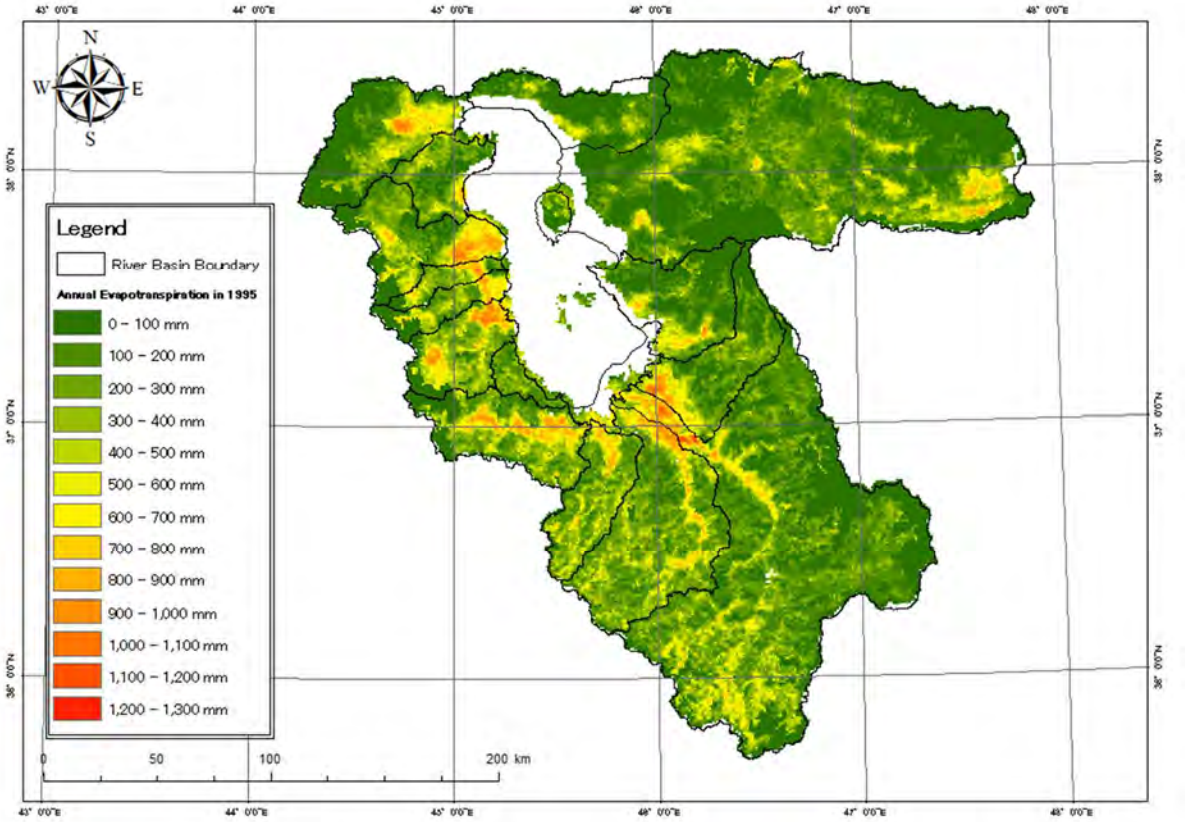


図 3.3.3　　ET マップの解像度（1km Grid Size）

(ii)　時間解像度

図 3.3.4 に RSRC による流域の月別 ET の推定結果の一例を示す。図 3.3.4 に示すように、ET マップの時間解像度は月間隔であるが、月別の ETrF は月のある 1 日の晴天日の衛星熱観測データから推定されたものである。一般的に、月のある 1 日の画像を用いて月別の ETRF を推定することは、本来 ETrF の値が日によって変化するため、正確ではない。例えば、降雨直後の衛星画像を採用した場合、その月の ETrF は降雨時の状態を反映したものとなる。一方、降雨の直前に衛星画像が撮影された場合は、その月の ETrF は乾燥した地表面状態を反映しています。この月ベースで生じる精度の問題は、月を通じて土壌水分量が一定の月であれば最小となる。RSRC へのインタビューによると、可能な限り月の中心付近（例えば 15 日目）の晴天画像を選択しているとのことであった。また、時系列的な降雨イベントをチェックし、降雨直前でない日を選択することしている。しかしながら、月の「乾燥している」日を選択して月平均とすると過小評価の原因となる可能性があり、これも継続的に検討されるべき課題である。

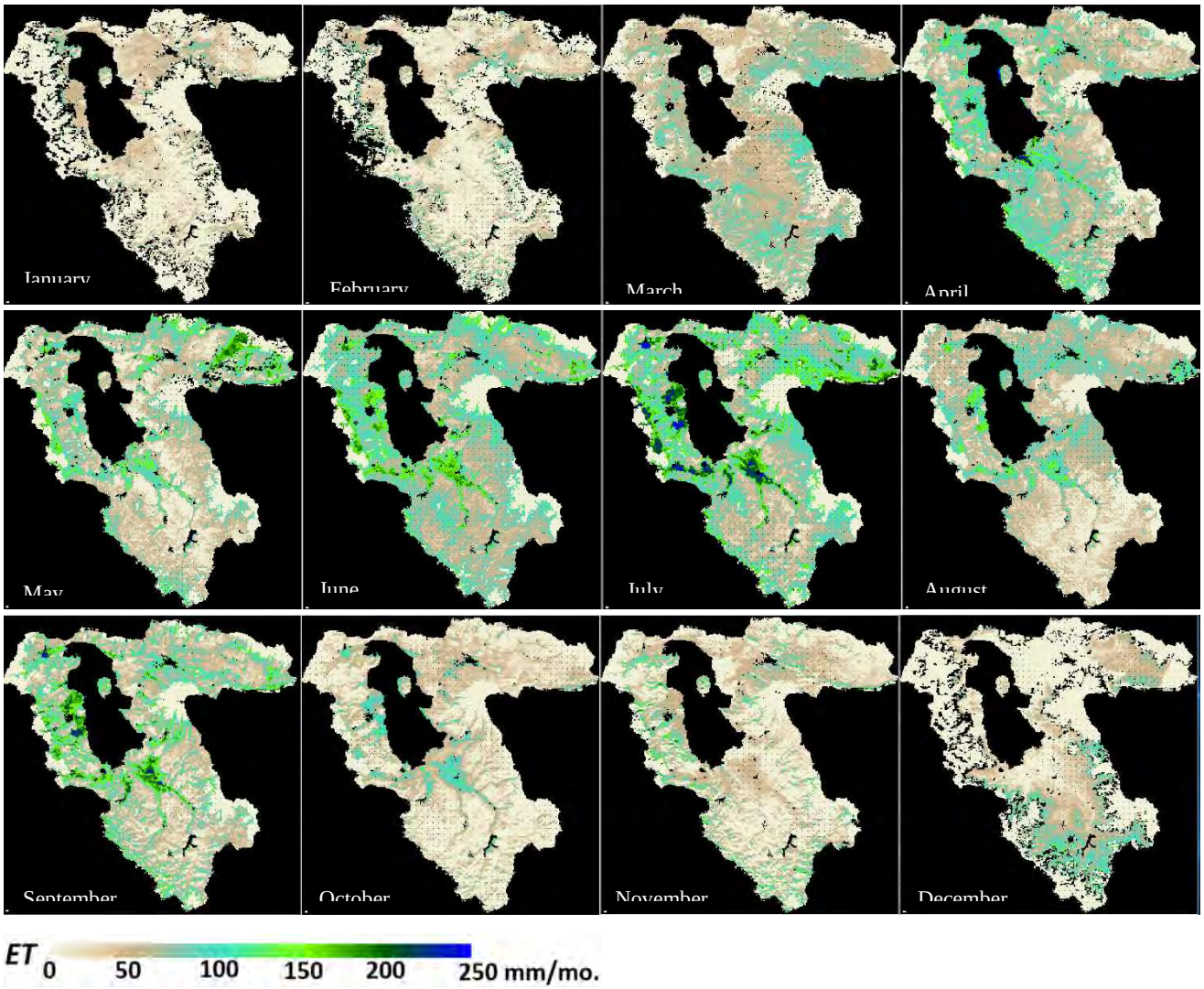


図 3.3.4　　RSRC が推定した月間 ET マップ（左上：2016 年 1 月、右下 2016 年 12 月）

3.3.2 衛星ベースの蒸発散量データの精度評価

RSRC は、水循環モデルの入力データとして METRIC 法を使用して蒸発散量データを提供した。調査チームは、METRIC 法を用いた蒸発散量の推定精度を向上させることを目的として、推定法を支援した。RSRC が最終的に作成した ET マップすなわち蒸発散量データ（以下、「RSRC-ET」）の評価結果を以下に示す。精度の評価は調査チームによって行われた。結論として、RSRC-ET はこのプロジェクトの最終成果として十分な精度を有している。

(1)　精度評価

ET の推定精度を評価することは単純ではない。一般的に、ET 測定を含む検証は、学術的ではない運用型のプロジェクトでは、予定されていなかったり、予定されていても完了しなかったりすることが多い。これは、時間と費用と人的資源をかけて行う検証では、限られた結果しか得られない（例えば、2～3 画素分の検証データしか得られず、ET マップ全体の精度が明らかとならない）ため、本調査のような運用型プロジェクトの工程に収まらないからである。（本調査は、ET 推定や技術移転が主目的ではない）。

イラン国エネルギー省水資源研究所における SEBAL の適用は、検証の難しさを示唆していると考えれれる。MODIS ベースの ET 検証は不可能であるとすぐに結論づけている。Landsat の場合、灌漑された 1 つの圃場（アルファルファ）のためだけに実際に測定された ET と Landsat による推定 ET を比較しました。アルファルファ農場全体で比較を行うには、多くの時間と労力を必要とするが、1 つの特定の圃場でのみ精度を例示することは可能である。

(2)　降水量と空間分布

ET と降水量は強く相関している。したがって、オルミエ湖流域の降水量と分布を把握することは、ET とその推定精度について議論するために極めて重要である。ここでは、調査チームによるオルミエ湖流域の降水量の把握について示すが、ULRP と RSRC は調査チームよりも理解が深い。

(a)　地上観測降水量

図 3.3.6 は、オルミエ IRIMO 観測所で 10 年間観測された降水量を示す。最近 10 年間の平均年間降水量は約 300 mm である。7 月から 9 月は乾季で、降水量はほとんどない。一般的に、年間降水量が 300 mm の地域では、灌漑がなければ小麦の栽培は困難である。IRIMO のオルミエ観測所周辺には天水による麦畑がなく、平均で 300 mm 以上の降水量が見込まれる山腹のみに天水による麦畑が広がっている。

図 3.3.5　オルミエ観測所位置図

IRIMO のオルミエ観測所で測定された降水量の特徴として、いわゆる豪雨は稀であり、300 mm の年間降水量は、主に 10 月と 6 月に発生した小雨の合算によるものである。2016 年の場合、最大日降水量は 1 月に発生し、約 35 mm /日であった。ほとんどの降水量は 10 mm /日未満である。オルミエ観測所の降水量記録に基づく土壌水分の収支計算によれば、降水量の 70%が蒸発し、30%のみが地下浸透して河川に流出すると推定され浸透深は比較的大きいことを示す。この降雨パターンの特性は、天水農業には適している（圃場で雨水を効果的に使用できるため）が、河川流出や地下水涵養には適していない（ほとんどの雨水が蒸発しているため）。

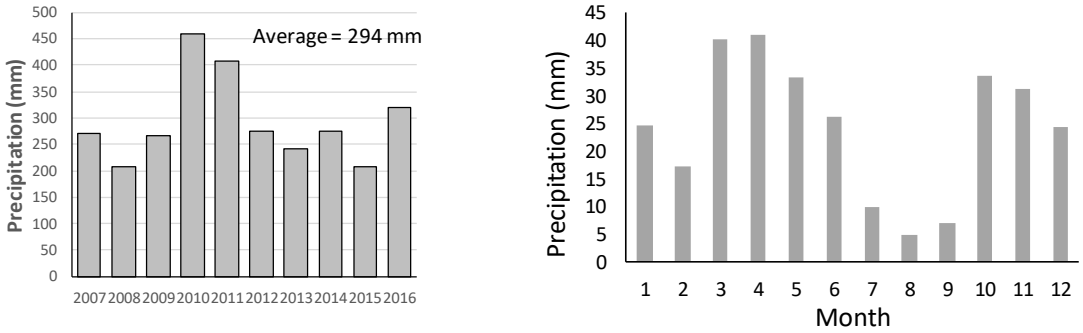


図 3.3.6　オルミエ観測所における降雨量（左：年間雨量（2007～2016 年）、右：月平均雨量（2007～2016 年）

オルミエ市の南西に位置し、標高がオルミエ市街（図 3.3.5）より 300 m 高い Silvana 地域における、年間降水量は約 520 mm（図 3.3.7）である。Zibeh 地域の農業局への聞き取りによると、降水量

は平均で約 450 mm（多い年で 600 mm）である。オルミエ湖流域西部の現地調査によると、オルミエ観測所における 300 mm は、流域西部の最小に近い降水量であり、丘側・山地での降水量が多い。

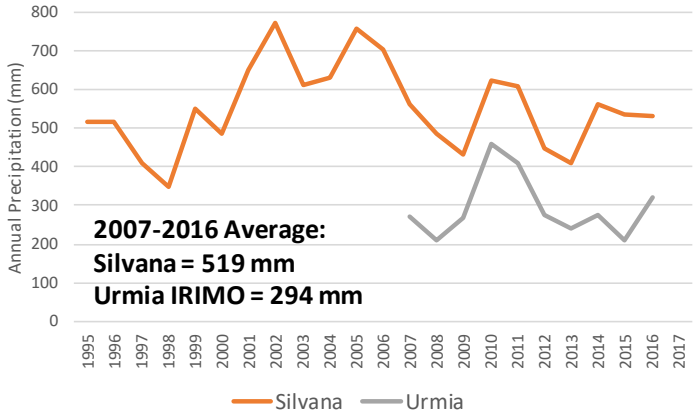


図 3.3.7　　Silvana 農業事務所の観測値とオルミエ観測所の降雨量の比較

(b)　衛星画像からの情報

Landsat 画像は、降水量が西側境界近くの山岳地帯でさらに大きいことを示している。図 3.3.8 に、2016 年 6 月 23 日の Landsat 画像を示す。赤色は植生を示す。6 月下旬には丘側の植生が弱くなるが（降水量の参考値は 500mm になる可能性がある）、6 月下旬までは国境付近で濃い植生が確認されており、年間降水量が 500mm を超える可能性がある。山の植生は 7 月に少なくなり、8 月にはなくなる。

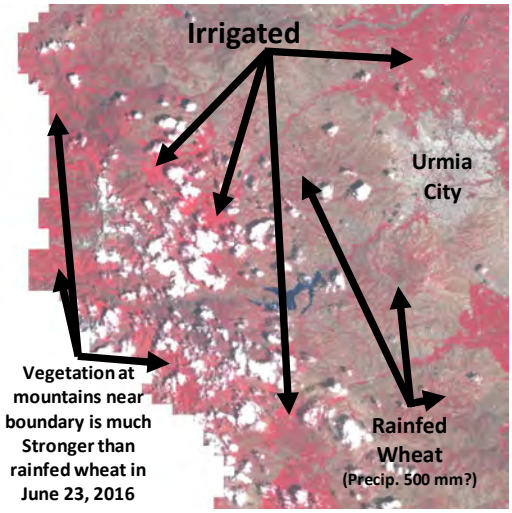


図 3.3.8　　Landsat によるフォールスカラー画像（2016 年 6 月 23 日オルミエ市西部）

図 3.3.9 は、TRMM（熱帯雨量測定ミッション）による 2001～2007 年の年平均降水量を示す。少なくとも図 3.3.9 の値は、降水量データ（IRIMO オルミエ観測所および Silvana 農業事務所）、現地調査中に得られた情報と比較すると妥当であると思われる。

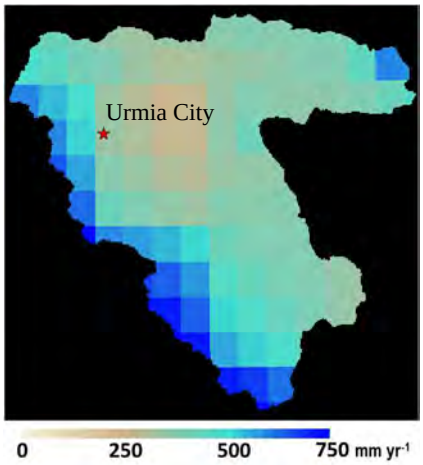


図 3.3.9　　Global TRMM を使用した平均年間雨量（2001～2007 年）

(c)　基準蒸発散量（ETr）

図 3.3.10 は、IRIMO オルミエ観測所データを使用して計算された ETr（基準蒸発散量）を示す。RSRC による ETr の空間的誤差の分析に基づいて、この ETr は流域全体に適用できると判断される。図 3.3.10 は、オルミエ湖流域の気象とエネルギー関連性から、1,662 mm /年がオルミエ湖流域からの ET の上限値に近い（実際の状態では発生しにくい）ことを示す。

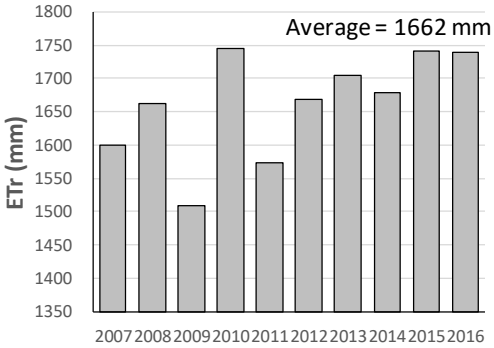


図 3.3.10　　IRIMO オルミエ観測所を用いて算出した基準蒸発散量

3.3.3　推定 ET（蒸発散量データ）の精度評価の戦略

ET 推定精度の評価は、衛星プロダクトを利用した ET 推定研究で最も困難な課題の 1 つである（Li et al., 2009）。地上で測定された ET 自体には、移流などの要因があるため、20%以上の誤差（eddy covariance で測定）や最大 29%の誤差（Bowen-Ratio Energy Balance で測定）が生じることがある。さらに、地上で測定された ET は、通常、衛星画像の画素領域の ET を代表しない。そのため、たとえ地上で測定された ET データが利用可能であっても、精度よく検証することは極めて困難である。前述の通り ET マップ自体の精度検証は、通常、非学術的なプロジェクトでは実施されないことが多い。精度評価は技術的に困難であるが、水循環モデルの主要な入力データとして ET マップを適用するためには、精度確認を行う必要もある。本調査では、ET マップの精度を確認するために、次の方針で確認を行った。

精度の目標を決定することは重要である。本調査の初期段階では、調査チームは、流域全体について、年間タイムスケールでプラスマイナス 100 mm 以内の誤差範囲を 1 標準偏差で達成することを提案した（**図 3.3.11**）。ET は水循環モデルの入力データであるため、本調査の全体工程を加味した場合、適切な目標といえる。また、本調査終了前に 1 年間程度のモデル調整期間が必要であるため、2 年程度の期間で検証を行うこととした。

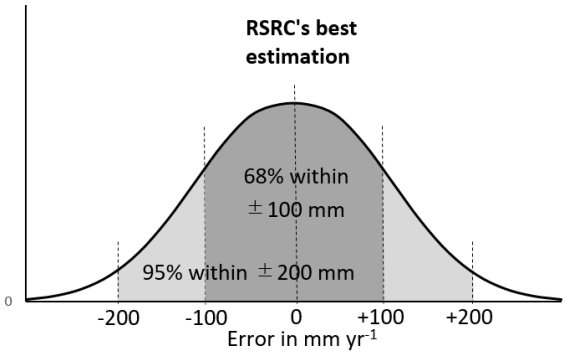


図 3.3.11　　調査チームが提案した ET 推定の精度目標

提案した精度目標である±100 mm は、次の相対精度と同程度である。

- 灌漑農業、特にりんご畑の場合：

  リンゴはこの地域の主要な灌漑作物であり、この地域の農業部門における持続可能な水資源管理の観点から最大の関心事項である。FAO のマニュアル（Allen et al., 1998）では、現地の気象データを用いて、灌漑されたリンゴ畑の蒸発量を計算すると、約 1250 mm/yr （Tasumi, 2019）となっている。オルミエ湖流域の西部に位置する Balanej 地域の農家や農業関係者にヒアリングした結果、リンゴ畑への散水量は、灌漑 1200mm/yr 及び天水 450mm/yr で合計 1650mm/yr となっている。提案されている 100mm/yr の誤差範囲は、灌漑用水量の 8%、つまり畑の給水量の 6%に相当する。この相対的な誤差範囲は、他の方法と比較して高く、許容範囲であると考えられる。この誤差範囲は、地上観測の ET の典型的な誤差範囲である 20%～30%よりもはるかに小さい（Li et al., 2009）。

- 放牧地を含む非灌漑地の場合：

  当該地域は、ET が小さいため、100 mm/yr という値の相対精度は灌漑用水量よりもはるかに大きくなる。流域の地表面の年間平均降水量が 400～500 mm/yr（グローバル TRMM データセットで分析）のオーダーであると仮定すると、100 mm/yr の相対誤差は 20%～25%に相当する。ET は通常、地下水面が十分に深い半乾燥地域の非灌漑面の降水量よりも小さくなる。したがって、ET の相対誤差は 30%を超える可能性がある。これは、ET の直接的な地上測定による典型的な誤差範囲と類似しており、それよりも大きくなる。ただし、水循環モデルの水収支計算を通じて ET を調整することにより、非灌漑面の ET の誤差の影響をさらに低減させる方策とした。

- 表 3.3.2 に、衛星エネルギー収支別、水収支別の ET 推定精度の特徴を整理した。本調査究で提案した ET マップの水循環モデルへの適用戦略は、（1）灌漑農地については ET マップ情報の精度に依存、（2）非灌漑農地については ET マップ情報を水循環モデルの初期入力デ

ータとして使用し、ETマップ情報が水収支計算から乖離した場合には、モデルの入力ET値を水収支によって修正する。というものである。これにより、RSRC の ET マップと水循環モデルが相互に補い合い、最も信頼性の高い水循環モデルの出力を得ることができた。ULRPは、この調査チームの提案に合意した。

表 3.3.2　衛星画像から得られるエネルギー収支および水収支のET推定精度の特徴

	Characteristics	ET from satellite energy balance	ET as a residual of water balance
Irrigated Agriculture	Irrigation is the dominant source of water supply	Strong: Expected error range is in order of 10% or less.	Weak: No reliable information of irrigation water application. Error range is unpredictable.
Non-irrigated surfaces	Precipitation is the dominant source of water supply	Weak: Expected error range is in order of 30% or more.	Accuracy depends on the accuracies of input data and assumptions (precipitation, river discharge, ground water flow, storage change of soil water). Error range is the integration of the erros in input data, and difficult to quantify.

ETマップの定量的精度評価は、次の手順で行われた。

(1) 調査チームは、RSRCのETマップのベンチマークとしてLandsatとともにMETRICを使用して、より高い空間および時間解像度で月次ETマップを計算した。このベンチマークマップは、限られた地域で1年間のみ提供された。

(2) 調査チームのETマップ（ベンチマークETマップ）の正確性は、FAOのマニュアルに従って推定された実際のETの独立した推定値を、比較のためのいくつかのサンプルポイントで比較することによって確認された。

(3) RSRCは、ベンチマークETマップがより正確であると想定し、調査チームが作成したベンチマークETマップと比較することにより、MODISベースのETの精度を評価した。

(4) (1)～(3)による精度評価に加えて、ETマップは他のETデータセットと比較され、ETマップの相対的な精度を確認および議論された。

(5) 精度評価に客観性と信頼性を追加するために、本調査で実施された評価の方法と結果が国際的な専門誌に提出され、第三者的専門家による評価を受ける。

3.3.4 蒸発散量データの精度評価の結果

この項では、ETマップの精度評価の主要な結果を整理した。ベンチマークETの精度情報の詳細については、「Tasumi et al. (2019)」を参照、相互比較の結果については「Javadian et al. (2019)」を参照のこと。

(1) ベンチマークETマップの作成と精度

MODISによるETマップは1km以上の空間解像度を有している。このような粗い解像度の場合、精度評価の妨げとなる場合がある。この問題を解決するためには、(1)高分解能のETマップを作成し、その精度を地上からの測定値や推定値を用いて評価すること、(2)高分解能のETマップと高分解能のETマップを比較すること、が有効な方法である。

調査チームは、空間解像度 100m、2 週間ピッチの Land-Sat 画像を用いて、2016 年時点の ET マップを作成した。この ET マップは、ベンチマーク ET マップとして設定された。図 3.3.12 には、月ごとのベンチマーク ET マップと年間積算 ET マップを示した。入力データ、モデル設定、推定方法などの詳細は、「Tasumi et al. (2019)」に示されている。

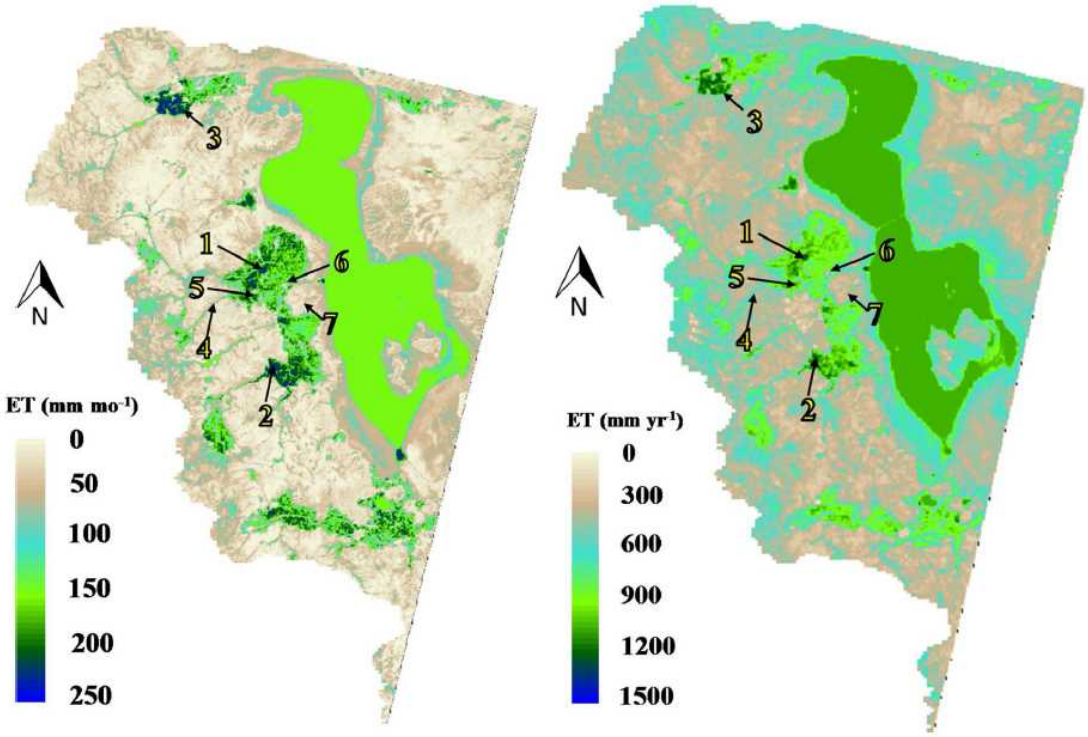


図 3.3.12　ベンチマーク ET マップによる月蒸発散量および年間蒸発散量

ベンチマーク ET マップの精度は、FAO の標準 ET（Allen et al., 1998）を使用して評価された。リンゴ、ブドウ、および裸地のサンプル圃場に対して、精度評価手順（Stancalie et al., 2010）に従って実行された。灌漑用水量のデータが不足しているとともに、サンプル圃場のサイズは少なくとも衛星画像の 1 ピクセル（100 m）の 4 倍でなければならないため、FAO の方法による ET 推定は、オルミエ気象観測所付近にある 3 つのリンゴ畑、1 つのブドウ畑、3 つの裸地でのみ可能であった。衛星画像から推定された ET は、3 つの異なる期間で、これらのサンプル圃場について FAO の推定 ET と比較されました。この評価は、2014 年から 2016 年までの 3 年間分実施した。

図 3.3.13 は、衛星画像取得の日付の精度評価を示している。平均バイアス誤差（MBE）は 0.16～0.36 mm/day、平均絶対誤差（MAE）は 0.57～0.72 mm/day、二乗平均平方根誤差（RMSE）は 0.68～0.73 mm/day であった。

月ベースの比較（図 3.3.14）では、MBE が 0.1～8.3 mm/month、MAE が 9.0～16.0 mm/month、RMSE が 10.8～20.5 mm/month であった。年ベースの比較（図 3.3.15）は、MBE が 2～99 mm/yr であった。ベンチマーク ET マップは、（He et al., 2017）のカリフォルニアのアーモンド用や（Jin et al., 2018）のピスタチオ用による同様のアプリケーションよりも高い推定精度が得られた。ベンチマーク ET マップは、ET の通常の現地観測よりも正確であり、本調査で提案されている目標の精度内にある。

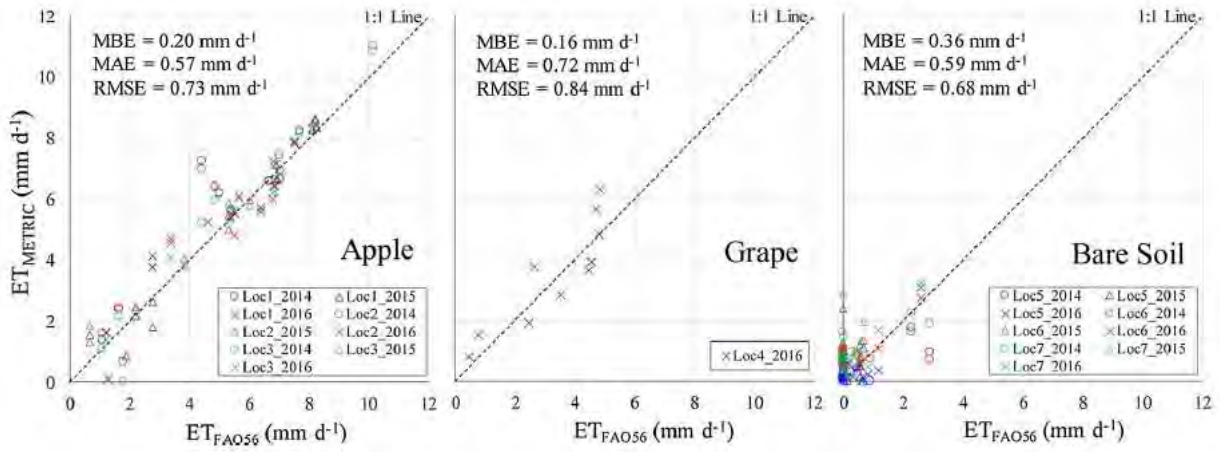


図 3.3.13　　FAO-56 および METRIC による推定 ET の比較

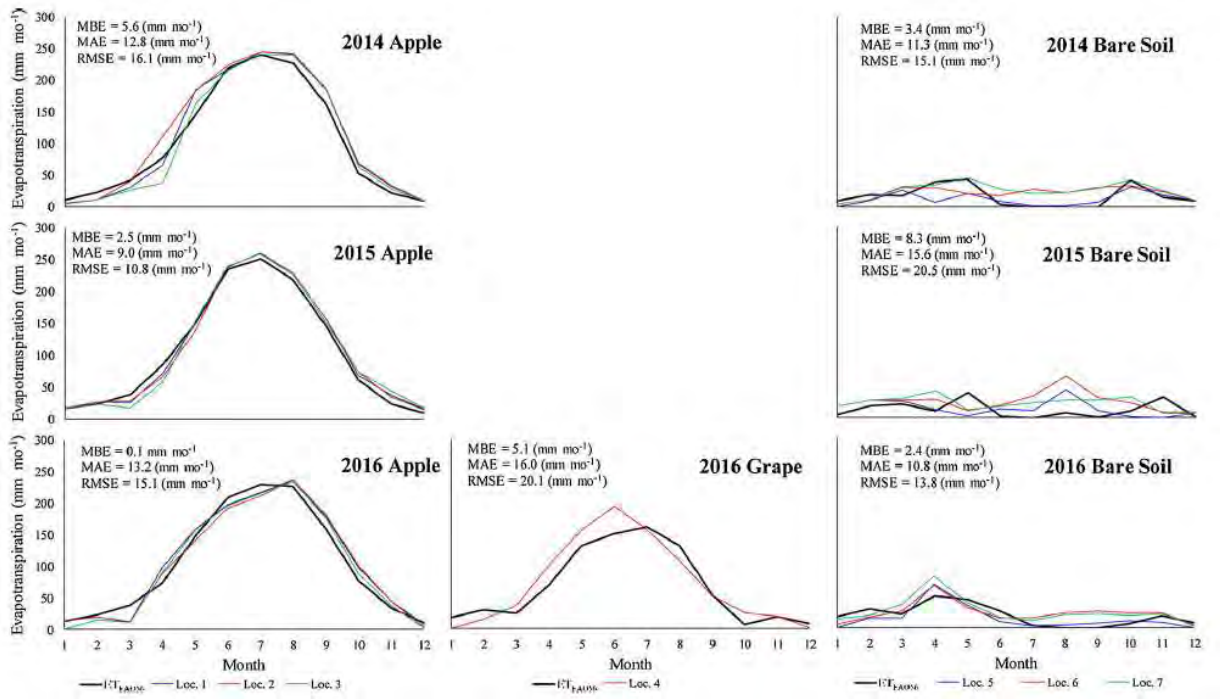


図 3.3.14　　リンゴ、ブドウ、裸地の参考値を使用した推定月間 ET

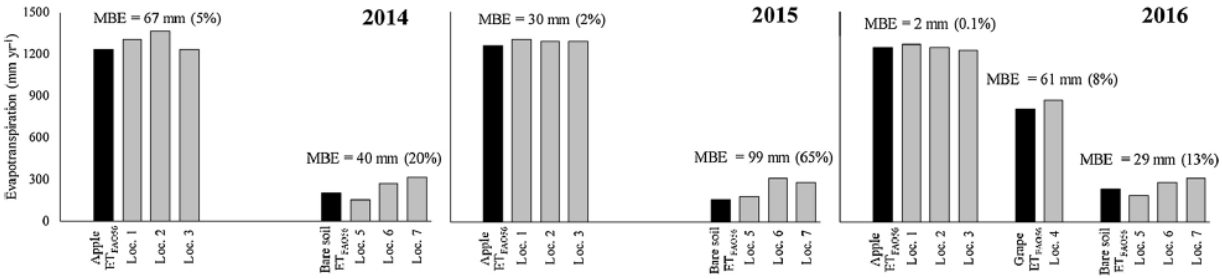


図 3.3.15　　リンゴ、ブドウ、裸地の参考値を使用した推定月間 ET

(2) ベンチマーク ET マップを使用した RSRC-ET マップの精度評価

図 3.3.16 に示されている領域内の ET 合計値は、RSRC-ET とベンチマーク ET で一致がみられた。RSRC は、エリア全体の平均で 475 mm/yr と推定しており、ベンチマーク ET よりも 18 mm/yr 大きく見積もられた。しかし、これは極めて良好な一致といえる。図 3.3.17 は、土地利用タイプごとの推定年間平均 ET の比較を示す。多少の違いはあるが、差は±100mm 以内であった。このアプローチでは精度の明確な証拠を示すことはできないが、図 3.3.16 および図 3.3.17 は、RSRC-ET が図 3.3.15 に示されている目標精度に近いか、すでに目標を達成されていることを示している。

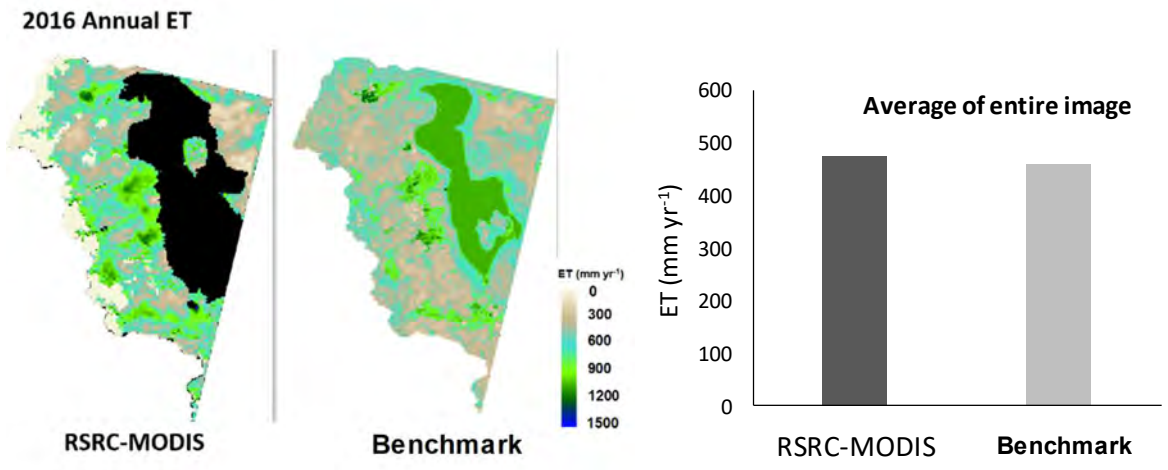


図 3.3.16 RSRC-ET とベンチマーク ET の比較（左図）および水面領域を除く画像領域全体の年間平均 ET の差（右図）

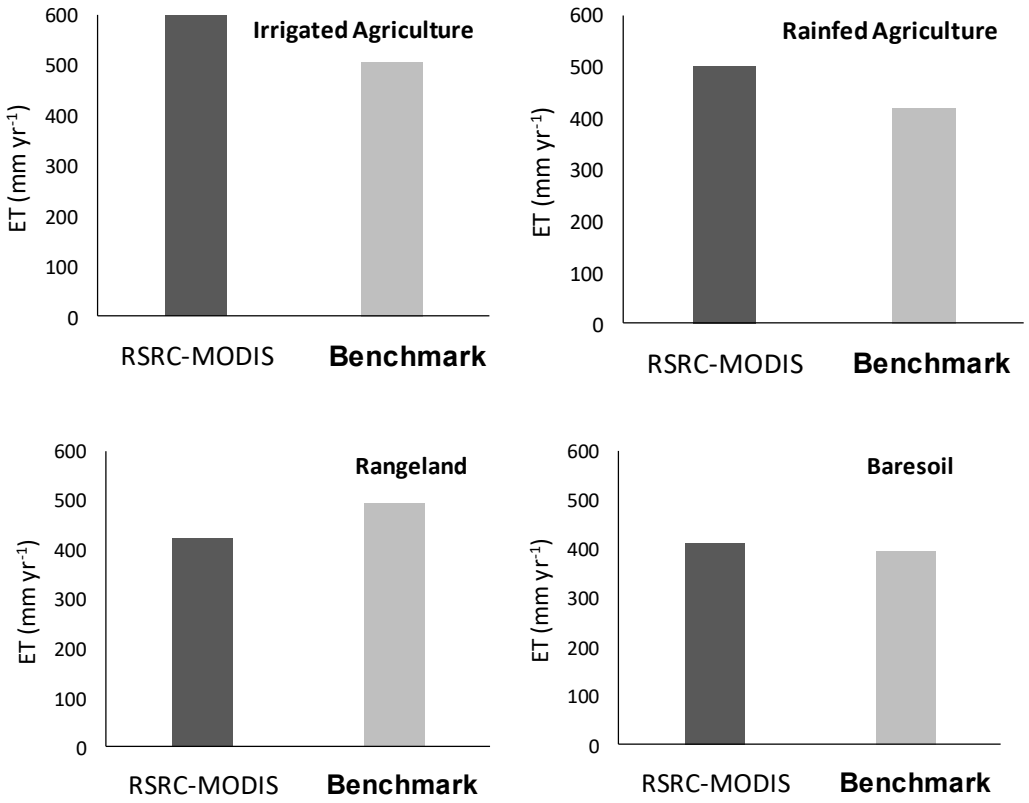


図 3.3.17 土地利用別の比較

(3)　月次 ET 概算

図 3.3.18 は、RSRC-ET とベンチマーク ET の月ベース ET の比較を示す。RSRC は数か月を過大評価し、他の数か月を過小評価している。RSRC-ET は、2 月、8 月、11 月などのいくつかの月のベンチマークデータと一致した。月ベース ET の誤差の標準偏差は 20 mm/month であった。「20 mm/month」は、RSRC-ET の月ベース値の精度の基準値とすることができる。ベンチマーク ET 自体には約 20 mm/month の精度の課題があると考えらえれ、細かい評価をすれば、図 3.3.18 に示す RSRC-ET とのベンチマーク ET の違いは RSRC-ET のエラーではなく、ベンチマークのエラーであることを意味している。全体として、RSRC-ET の精度は、図 3.3.18 に示されている差異よりもいくらか優れていると判断される。

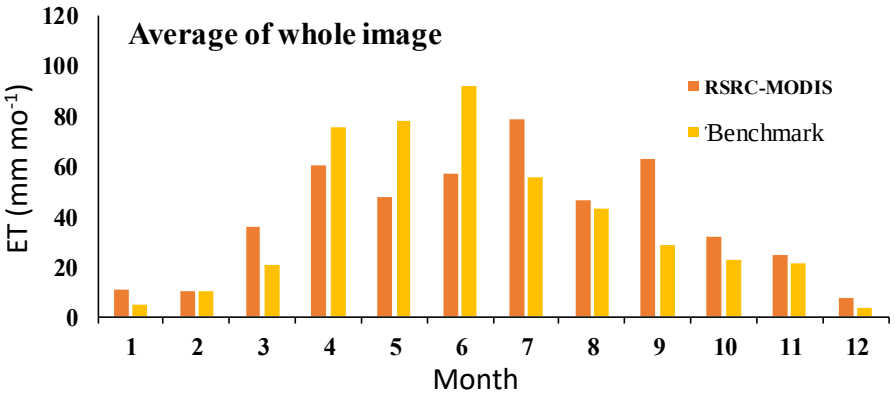


図 3.3.18　月間 ET の比較図

(4)　RSRC-ET と FAO の WaPOR ET のクロスチェック

「Javadian et al. (2019)」は、RSRC-ET マップを FAO の WaPOR ET マップ（FAO Water Productivity Open-access portal（WaPOR））と比較し、RSRC ET マップの精度について、ライシメーター測定と水収支アプローチを比較する試みを通して説明している。

評価された ET マップの解像度は非常に粗いため、重要な比較や評価を行うことはできない。評価には、「Javadian et al. (2019)」で説明されているいくつかの仮説が関係している。彼らは、RSRC-ET は灌漑農業においてより正確である可能性が高く、WaPOR ET は非灌漑農業および放牧地においてより正確である可能性が高いと結論付けた。

本調査で適用された RSRC-ET の最終バージョンでは、RSRC-ET の精度の低い部分が改善された可能性がある。これは、RSRC が地形影響の係数をさらに調整したためである。放牧地は標高の高い地域にある傾向があり、地形影響の要因を変更することで ET 推定が変化と考えられる。

3.3.5　制限

本調査で水循環モデルの主な入力として使用される RSRC-ET マップは、この地域で利用できるユニークで最も信頼性の高い ET 情報だが、ET マップの使用にはいくつかの注意と制限がある。RSRC は、2000 年 3 月から 2016 年 12 月まで、オルミエ湖流域全体の MODIS（MODerate resolution Imaging Spectroradiometer）画像を使用して ET を推定してきた。データ処理の空間的および時間的解像度（1 km、月 1 回）は、本調査の工程内の人的リソースの限界でもあった。オペレーターによる意思決定手順の自動化を試みない限り、連続した 201 か月（本調査の水循環モデルのキャリブレーショ

ン期間）とオルミエ湖という比較的広大な領域の処理過程では、1か月に1つの画像のみが限界であった。

空間解像度は、流域内のETの一般的な空間分布を理解するには十分だが、複雑な地形や土地利用のET分布の詳細な説明には不十分である。時間解像度（月に1日分の衛星画像を使用）は、年間のETを推定するには十分であるが、月単位のタイムスケールでのETの正確な表現は期待できない。例えば、その月の衛星画像が降雨または灌漑の直後に取得された場合、モデルはその地域がその月全体にわたって「濡れた」状態であると想定し、その逆も同様。農業条件では、畑の管理と作物の成長は1か月の間に劇的に変化する可能性がある。しかしながら、METRICを使用して衛星画像だけでなく、毎日の気象データによっても推定されるため、衛星データ処理の時間分解能によって引き起こされるこの制限は、ET最終結果では多少解決される。

RSRC-ETマップのもう1つの制限は、一部の特定の地域のモデルに地形的要因を組み込むことが難しいために、流域の境界近くに広がるいくつかの山岳地域でのET推定精度が低くなることである。明らかに、RSRC ETマップは、通常は流域の境界付近（図3.3.19を参照）の標高が高い場所（つまり山岳地帯）でのETの不可能となり、まれにET値がゼロとなる場合が報告された。しかし「過小評価（または失敗）」は、流域の適度に高い標高に広がる放牧地でのETの過大評価によって補われることもある。よって、全体としては、放牧地の平均ET値は妥当な範囲内にあるものの全体流域的に見た場合ETの空間推定精度が低くなる場合もある。モデル内の地形要員のキャリブレーション精度の高低を改善するには、本調査後におけるRSRCによる作業が必要である。MIKE-SHEのキャリブレーションでは、変数の関係（バランス）に解決できない問題が発生した場合に、流域全体の水収支を正しく推定する必要があるために、山岳地帯のETは、各流域で、補正係数を使用して調整することで対応することとなった。

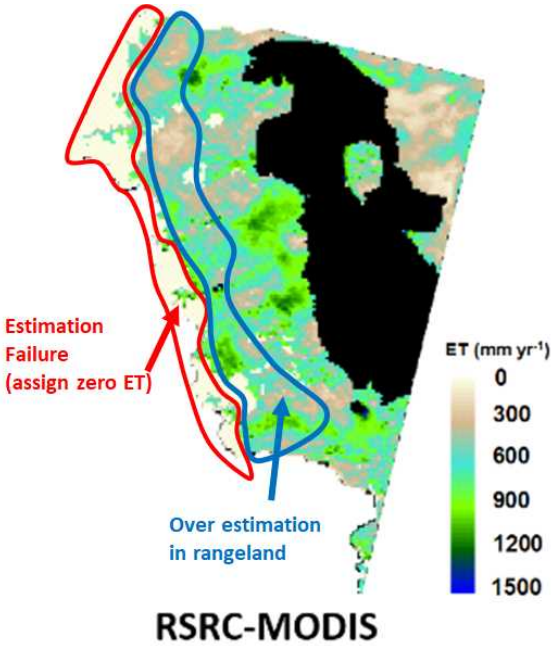


図 3.3.19　西部流域山岳地帯のRSRC-ET

特に MODIS の空間解像度の場合、山岳地帯の RSRC-ET 推定精度は低い。実際にはベンチマーク ET マップも、信頼できる地上観測値や推定値が存在しない、山岳地点では評価されない。表面の傾斜と複雑な地形構造は、METRIC のいくつかの仮定にも沿わない部分もある。山岳地域で許容誤差を提案することは困難だが、調査チームは、年間タイムスケールの誤差範囲として±100 mm を暫定的に提案した。山岳地帯では ET マップの扱いに十分な配慮が必要である。図 3.3.20 に示すように、山岳地帯では蒸発表面積がピクセルサイズよりも大きくなっている。たとえば、1km × 1km ピクセル内に代表的な傾斜がある山岳地帯の傾斜角は 30º で、表面積は 1 km^2 ではなく 1.33 km^2（つまり、表面積が 33%大きい）となる。ピクセルからの ET が RSRC-ET マップで 100 mm として報告されている場合、実際の表面が傾斜面の単位面積から 100 / 1.33 = 75 mm 蒸発することを意味する。RSRC-ET と MIKE-SHE はどちらも、「水平投影表面積」に基づいて水理計算を行っている。上記誤差は許容範囲であるものの、山の実際の表面積（蒸発、パーコレーションなど）は、水平に投影された表面積よりも大きいことに常に注意する必要がある。

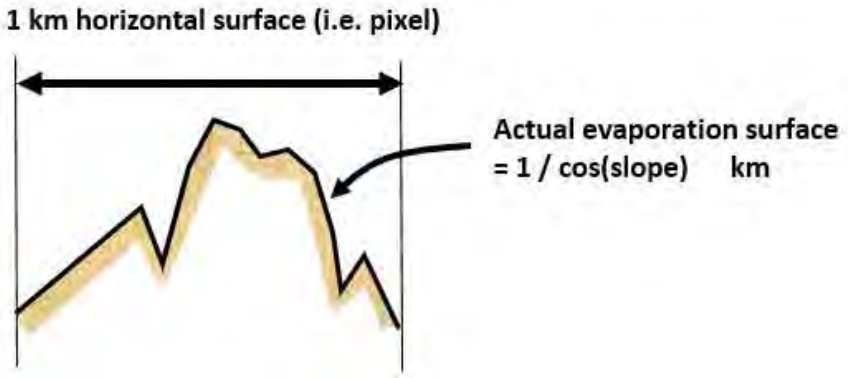


図 3.3.20　地表面蒸発量における計算上と実距離（面積）の違い

オルミエ市やタブリズ市などの都市部は、流域全体に比べて小さな地域である。したがって、本調査の水循環モデルでは無視できるレベルの範囲と見なすことができるが、本調査後の次のステップとして都市部の ET 推定精度を向上させることを推奨する。調査チームによるオルミエ市からの ET の推定値は、他の研究および調査チームの経験に基づくと約 200 mm/yr が適切な値であり、RSRC-ET ではオルミエ市からの ET を 700 mm/yr 以上と推定している。大幅な過大評価は、高層ビルの影や一部の建物の放射率が低いことに起因している。この修正方法は「Tasumi (2019)」によって提案されており、RSRC は将来的に改良を加えることが可能である。

以上の通り、種々の制限と課題は RSRC-ET に残ったものの、本調査においては利用可能な代替 ET の情報は存在しない。また、RSRC-ET の品質は本調査の水循環モデルにおける精度の許容レベルに達していることから、ET マップの特性と精度を理解した上で、得られた情報を適切に活用することで、水循環モデルの全体的なパフォーマンスが向上した。

3.3.6 ET マップの利用

(1) MIKE-SHE への適用と今後の課題

調査チームの支援を受けた RSRC による推定 ET は、本調査の 2 年次終了時点において、詳細な改良が加えられ、流域全体において十分な品質が得られた。推定 ET は本調査開始時点から非常に改善してきた。本調査での METRIC による ET の推定の主な目的は、灌漑地域における不明取水量の解明であった。前述した通り、灌漑地域における RSRC-ET の精度が十分確保されているため、RSRC-ET は水循環モデル（MIKE-SHE モデル）に有効に活用されることとなった。ULRP と調査チームの協議の結果、調査 2 年目に改良された RSRC-ET の第 2 版が MIKE-SHE モデルの最終バージョンとして使用されることとなった。つまり第 2 版は、本調査の水循環モデルの入力データとして使用されている。

(2) 関連する政策立案者および研究者に ET マップ利用を紹介

METRIC による ET マップを関係機関、利害関係者に紹介し、概要や手法を説明、議論することは、水循環モデルおよび本調査で ET マップをより適切に利用するために極めて重要であった。2018 年 8 月 6 日、調査チームは ULRP が主催する蒸発散量推定ワークショップの講師を務め（図 3.3.21）、METRIC 法を用いた RSSRC-ET マップの学術的背景と技術的アプローチをイラン国政策立案者および関連する研究者に説明した。

図 3.3.21 ULRP 主催の蒸発散量ワークショップ

「3.3 蒸発散量データ取得に向けた METRIC の適用」の参考文献

Allen, R.G., Tasumi, M., Trezza, R. 2007a. Satellite based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) - Model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 133:380-394.

Allen, R.G., Tasumi, M., Morse, A., Trezza, R., Kramber, W. Lorite, I. 2007b. Satellite based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) - Applications. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 133:395-406

Allen, R.G., Trezzam R., Kilic, A., Tasumi, M., Li, H. 2013. Sensitivity of Landsat-scale energy balance to aerodynamic variability in mountains and complex terrain. Journal of the American Water Resources Association, 49:3:592-604.

ASCE-EWRI, 2005. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Environmental and Water Resources Institute of the ASCE Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee. American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 216 pages.

Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A., Holtslag, A.A.M. 1998a. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. J. Hydrol., 212–213:198–212.

Bastiaanssen, W.G.M., Pelgrum, H., Wang, J., Ma, Y., Moreno, J., Roerink, G.J., van der Wal, T. 1998b. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 2. Validation. J. Hydrol., 212–213:213–229.

Eimanifar, A., Mohebbi, F., 2007. Urmia Lake (Northwest Iran): a brief review. Saline Syst. 3, 5. https://doi.org/10.1186/1746-1448-3-5.

Farzin, S., Ifaei, P., Farzin, N., Hassanzadeh, Y., Aalami, M.T., 2012. An investigation on changes and prediction of Urmia Lake water surface evaporation by Chaos theory. Int. J. Environ. Res. 6, 815–824.

Ghaheri, M., Baghal-Vayjooee, M.H., Naziri, J., 1999. Lake Urmia, Iran: a summary review. Int. J. Salt Lake Res. 8, 19–22.

GMS. 2015. Tracking Agricultural Water Use from Space. An online video material by NASA Goddard Media Studios (https://svs.gsfc.nasa.gov/12026) visited Oct.5, 2017.

Hassanzadeh, E., Zarghami, M., Hassanzadeh, Y., 2012. Determining the main factors in declining the Urmia Lake Level by using system dynamics modeling. Water Resour Manage 26, 129–145.

He, R., Jin, Y., Kandelous, M.M., Zaccaria, D., Sanden, B.L., Snyder, R.L., Jiang, J., Hopmans, J.W., 2017. Evapotranspiration Estimate over an almond orchard using Landsat satellite observations. Remote Sens. 9 (436). https://doi.org/10.3390/

Jägermeyr, J., Gerten, D., Heinke, J., Schaphoff, S., Kummu, M., Lucht, W., 2015. Water savings potentials of irrigation systems: global simulation of processes and linkages. Hydrol. Earth Syst. Sci. 19, 3073–3091.

Jalili, S., Kirchner, I., Livingstone, D.M., Morid, S., 2012. The influence of large-scale atmospheric circulation weather types on variations in the water level of Lake Urmia, Iran. Int. J. Climatol. 32, 1990–1996.

Jensen, M.E., Allen, R.G., Howell, T.A., Martin

Javadian, M., Behrangi, A., Gholizadeh, M., Tajrishy, M., 2019. METRIC and WaPOR estimates of evapotranspiration over the Lake Urmia Basin: comparative analysis and composite assessment. Water 2019 (11) 1647 (19 pages).

JICA, CTII, CTIE. 2016. Data Collection Survey on Hydrological Cycle of Lake Urmia Basin in the Islamic Republic of Iran. Final Report. February 2016.

Jin, Y., He, R., Marino, G., Whiting, M., Kent, E., Sanden, B.L., Culumber, M., Ferguson, L., Little, C., Grattan, S., Pau U, K.T., Lagos, L.O., Snyder, R.L., Zaccaria, D., 2018. Spatially variable evapotranspiration over salt affected pistachio orchards analyzed with satellite remote sensing estimates. Agric. For. Meteorol. 262, 178–191.

Li, Z.-L., Tang, R., Wan, Z., Bi, Y., Zhou, C., Tang, B., Yan, G., Zhang, X., 2009. A review of current methodologies for regional evapotranspiration estimation from remotely sensed data. Sensors 9, 3801–3853.

Losgedaragh, S.Z., Rahimzadegan, M., 2018. Evaluation of SEBS, SEBAL, and METRIC models in estimation of the evaporation from the freshwater lakes (Case study: amirkabir dam, Iran). J. Hydrol. 561, 523–531.

Stancalie, G., Marica, A., Toulios, L., 2010. Using earth observation data and CROPWAT model to estimate the actual crop evapotranspiration. Phys. Chem. Earth 35, 25–30.

Tasumi, M. 2019. Estimating evapotranspiration using METRIC model and Landsat data for better understandings of regional hydrology in the western Urmia Lake Basin. Agricultural Water Management 226 (2019) 105805 (11 pages).

Trezza, R., Allen, R.G., Tasumi, M. 2013. Estimation of Actual Evapotranspiration along the Middle Rio Grande of New Mexico Using MODIS and Landsat Imagery with the METRIC Model. Remote Sensing. 5:5397-5423.

Wilson, K., Goldstein, A., Falge, E., Aubinet, M., Baldocchi, D., Berbigier, P., Bernhofer, C., Ceulemans, R., Dolman, H., Field, C., Grelle, A., Ibrom, A., Law, B.E., Kowalski, A., Meyers, T., Moncrieff, J., Monson, R., Oechel, W., Tenhunen, J., Valentini, R., Verma, S. 2002. Energy balance closure at FLUXNET sites. Agricultural and Forest Meteorology. 113:223-243.

第4章 水循環モデル構築における基礎情報の整理

4.1　オルミエ湖概要

4.1.1 オルミエ湖流域概要

図 4.1.1 に示すように、オルミエ湖流域はイラン国の北西部に位置し、北方は Zagros 山脈を隔てトルコの Aras 川流域と隣接し、南方は Sabalan 山脈に囲まれイラクの Zaab 川流域と国境をなす。オルミエ湖に関する一般的な情報は、表 4.1.1 に要約した。

図に示すように、湖流域の範囲は北緯 35 度 40 分から 38 度 30 分、東経 44 度 13 分から 47 度 54 分に亘り、湖流域面積は約 52,000km2 であり国土面積の 3.15%、表流水はイラン国内の表流水面積の 7%を占め イラン国における 6 大流域の一つに位置付けられている。標高については湖底の最低部の 1,267m から 3,746m に分布している。年平均降水量は約 400mm、年間可能蒸発量は 530～680mm であり半乾燥気候に属する。

総人口は約 370 万人で、州都は Tabriz の東アゼルバイジャン州が人口の 57.6%、150 万人の人口を占め、州都は Urmia の西アゼルバイジャン州が 38.6%、67 万人、そして残りのクルデスタン州が 3.8%を占めている。（表 4.1.1 を参照）

後述するように、1995 年 6 月に水位は 1,278.41m、面積は 5,722 km^2、貯水量は 36,757MCM と記録されているが、2014 年 11 月現在、オルミエ湖の水位は 1,270.42m、面積は 1,901 km^2、貯水量は 2,199MCM であった。近年、河川流入量の枯渇、沼沢地である周辺地域の荒廃、もともとは湖沼堆積であり、風によって吹き飛ばされた漂流砂など、さまざまな環境悪化が発生している。

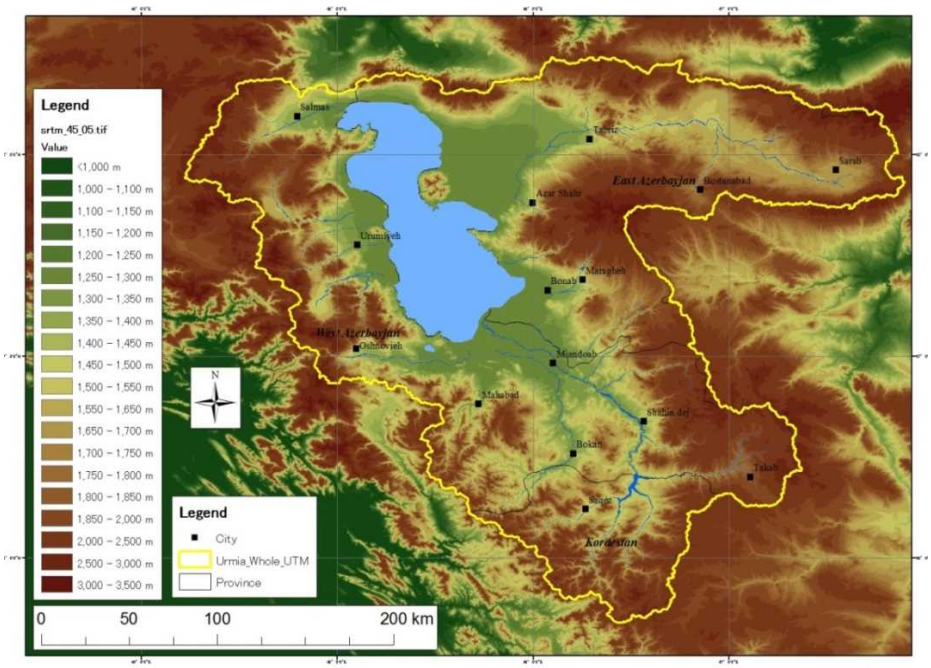


図 4.1.1　　オルミエ湖位置図

表 4.1.1　　オルミエ湖の概要

Item	Description
Location*1	Latitude : 35˚40'N - 38˚30'N Longitude : 44˚13'E - 47˚54'E
Basin Area*1	51,876 km^2
Topographical Distribution*2	Mountainous : 33,736km^2 (63.3%) Plain : 12,664km^2 (23%) Lake : 5,362km^2 (13.7%) (as of Dec, 2013)
Administration*2	East Azerbaijan Province (24,888km^2, 48%) West Azerbaijan Province (20,832km^2, 40%) Kurdestan Province (6,042km^2. 12%)
Population (as of 2011)*3	East Azerbaijan Province (2,143 thousand people, 57.6%) West Azerbaijan Province (1,437 thousand people, 38.6%) Kurdestan Province (142 thousand people, 3.8%)
Season	Spring :March – May Summer :June – August Autumn :September – November Winter :December - February
Air Temperature*4	-6 - 31.2˚C (Urmia)
Average Air Temperature*4	10.9˚C
Average Annual Precipitation*2	401 mm
Potential Annual Evapotranspiration*2	530～680mm
Climate*1	Cold Semi-Arid, Steppe Climate (Köppen: BSk)
Lake Area*2	1,861 km^2 (as of Nov. 2014)
Lake Water Volume*2	2,151 MCM (as of Nov. 2014)

*1: Source: "Study on Updating National Water Master Plan in the Basins of Urmia" (MOE, Nov. 2013)
*2: Calculated by the JICA Survey Team by means of the data provided by IWRM Co.
*3: Source: "Statistical Centre of Iran" (http://www.amar.org.ir/Default.aspx?tabid=133)
*4: Source: "World Weather Service" (http://worldweather.wmo.int/en/city.html?cityId=1454)

4.1.2 オルミエ湖の水位、面積、貯留量変動

図 4.1.2 は、年間の流域平均降水量、湖面水位、および貯水量の経年変化を示す。貯水水量は、IWRM Co.の水深測量調査結果から得られた湖水位、湖水面積、貯水量の関係（H-A 曲線、H-V 曲線）に基づいて計算した。図 4.1.3 は、湖の年間の最大水位、最低水位、平均水位の経年変化を示す。1960 年代から現在にかけ、観測された湖水位の低下傾向が認められる。

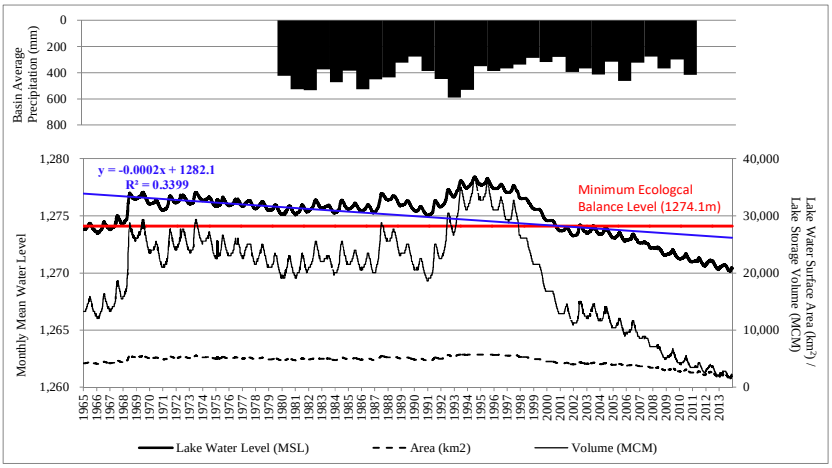


図 4.1.2　　湖面水位、湖面積、貯水量の経年変化

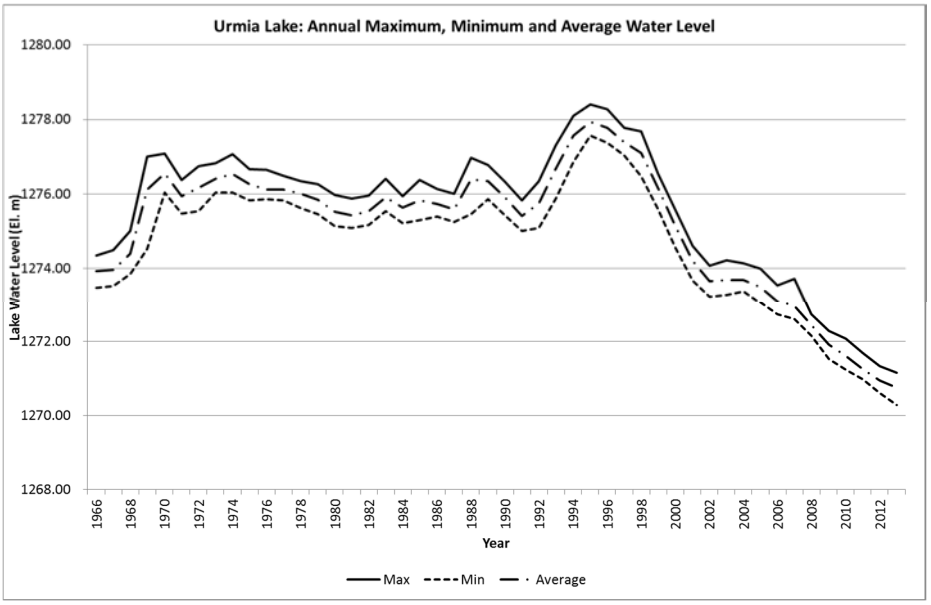


図 4.1.3　　年間最大、最小、平均水位の経年変化

4.2　オルミエ湖流域の一般的な気候条件

4.2.1　降水量、気温、蒸発量の平均と変動傾向

オルミエ湖流域の典型的な気候特性を把握するために、Urmia、Tabriz 気象観測所の月別降水量、月平均気温、月別パン蒸発量を図 4.2.1 と表 4.2.1 に、経年変化図を図 4.2.2 に示す

Urmia と Tabriz の気温差は約 30～40℃で、Urmia で 8～27℃、Tabriz で 10～31℃の変動がみられる。年間蒸発量は、Urmia では 1,158～1,525 mm（平均：1,362mm）、Tabriz では 1,271～2,244 mm（平均：1,965mm）の範囲で変動する。年間降水量も 90～630mm（平均：274mm）、89～324mm（平均：274mm）の範囲である。現在までのところ、気候条件の顕著な変化は両方の場所で確認されていない。

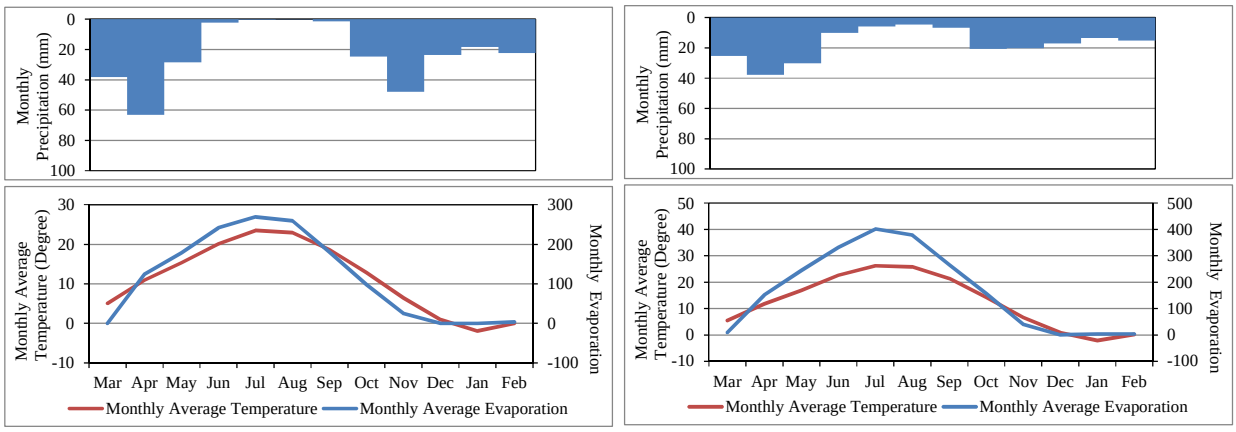


図 4.2.1　　月平均雨量および気温ならびにパン蒸発量の変化図（左：Urmia、右：Tabriz）

表 4.2.1　　平均雨量、気温、蒸発量

Item / City	Annual Precipitation	Annual Pan Evaporation	Annual Maximum Temperature	Annual Minimum Temperature	Annual Average Temperature
Urmia	274mm	1,363mm	27˚C	-8 ˚C	11˚C
Tabriz	212mm	1,966mm	31˚C	-10 ˚C	13˚C

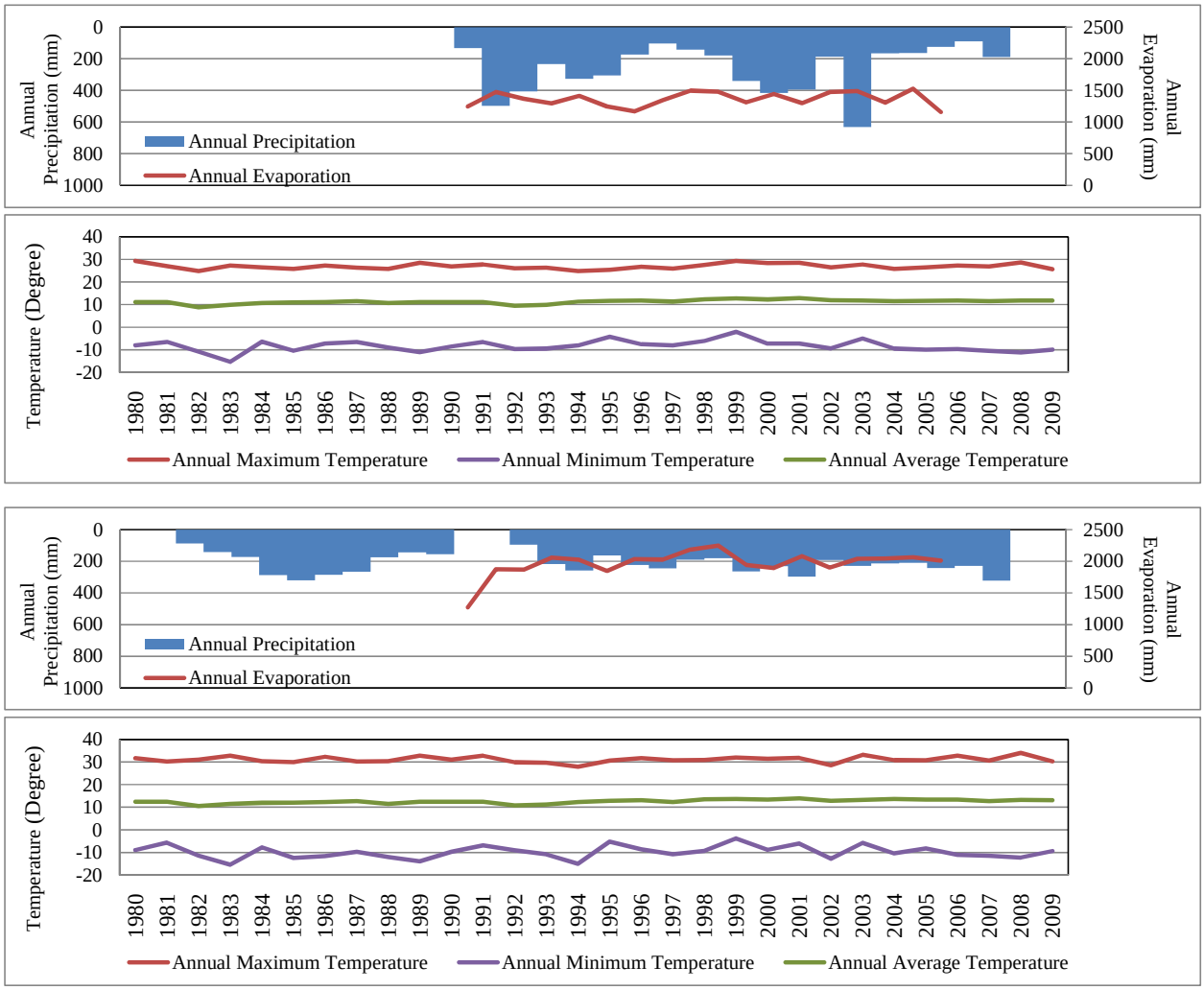
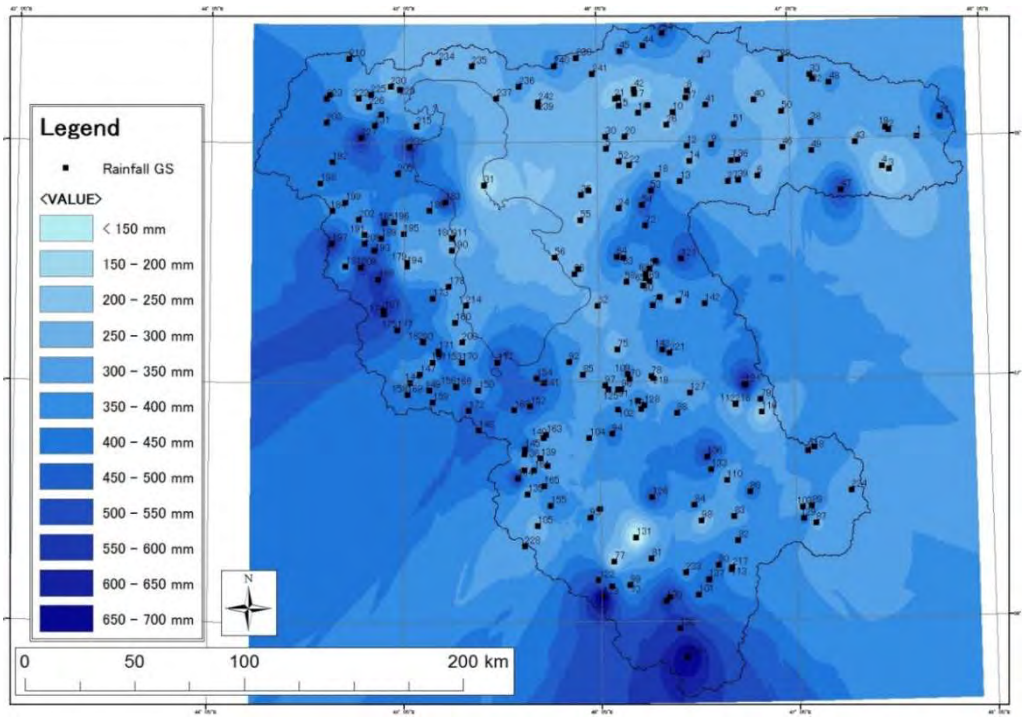


図 4.2.2　　年最大・最小・平均気温、雨量および蒸発量の経年変化（上：Urmia、下：Tabriz）

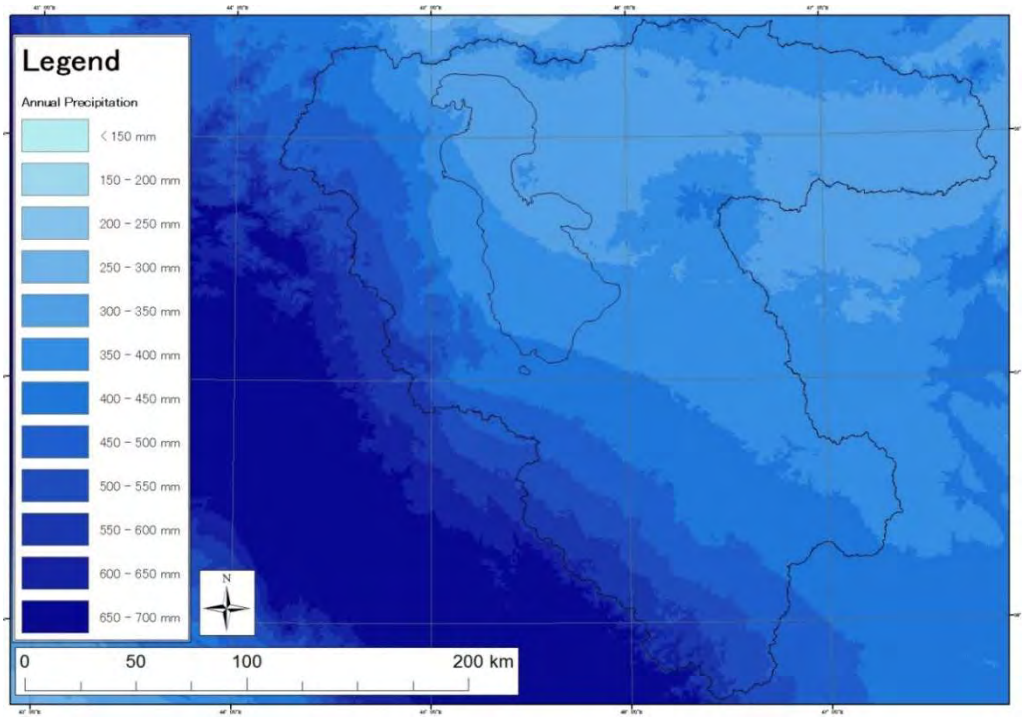
4.2.2 降水量の空間特性と年間降水量と標高の関係

図 4.2.3 に示すように、オルミエ湖流域の年間降水量の空間特性を評価するため、年間降水量の等高線図を日ベース降水量によって示した。IDW（逆距離加重）法を用いて空間補間している。年間降水量の空間変動が 200mm から 800mm の範囲であるオルミエ湖流域では、降水量は流域の西部と南西部でより多く発生し、北東部で徐々に減少する傾向がある。また、東アゼルバイジャン州より西アゼルバイジャン州で多い傾向がある。さらに、WOLDCLIM（http://www.worldclim.org/）で発行された空間分布は、同様の降水量の傾向を示している（図 4.2.4 参照）。これは、約 1 平方キロメートルの空間解像度を有する。



*Source: prepared by the Survey Team using IRIMO data

図 4.2.3　　年間雨量の空間分布図



*Source: WORLDCLIM (http://www.worldclim.org/)

図 4.2.4　　年間雨量の空間分布図（WORLDCLIM）

4.2.3 流域平均降水量

1999 年から 2014 年までの検証対象期間における流域平均降雨量は、降雨データの存在状況に応じ、ティーセン法により日ベースで算出した。ティーセン分割図の例（2004 年 1 月 1 日）を図 4.2.5 に示す。

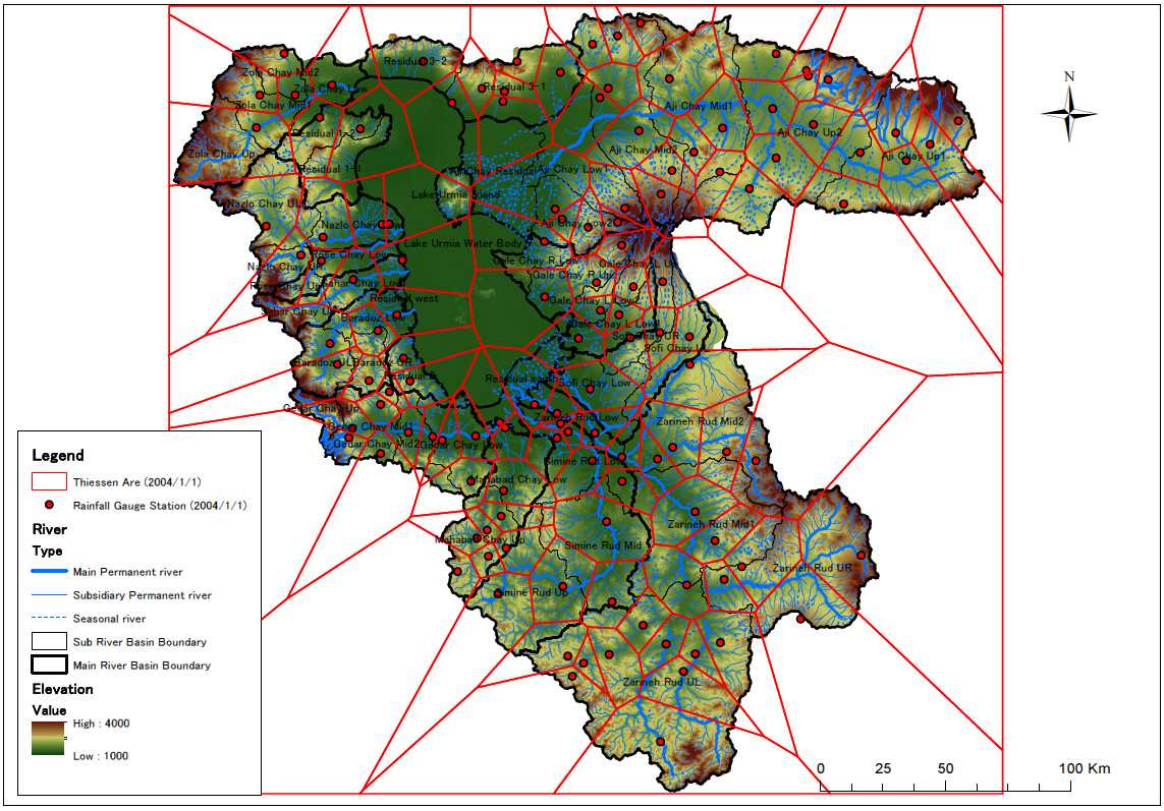


図 4.2.5　　雨量観測所を用いたティーセン分割図

1999

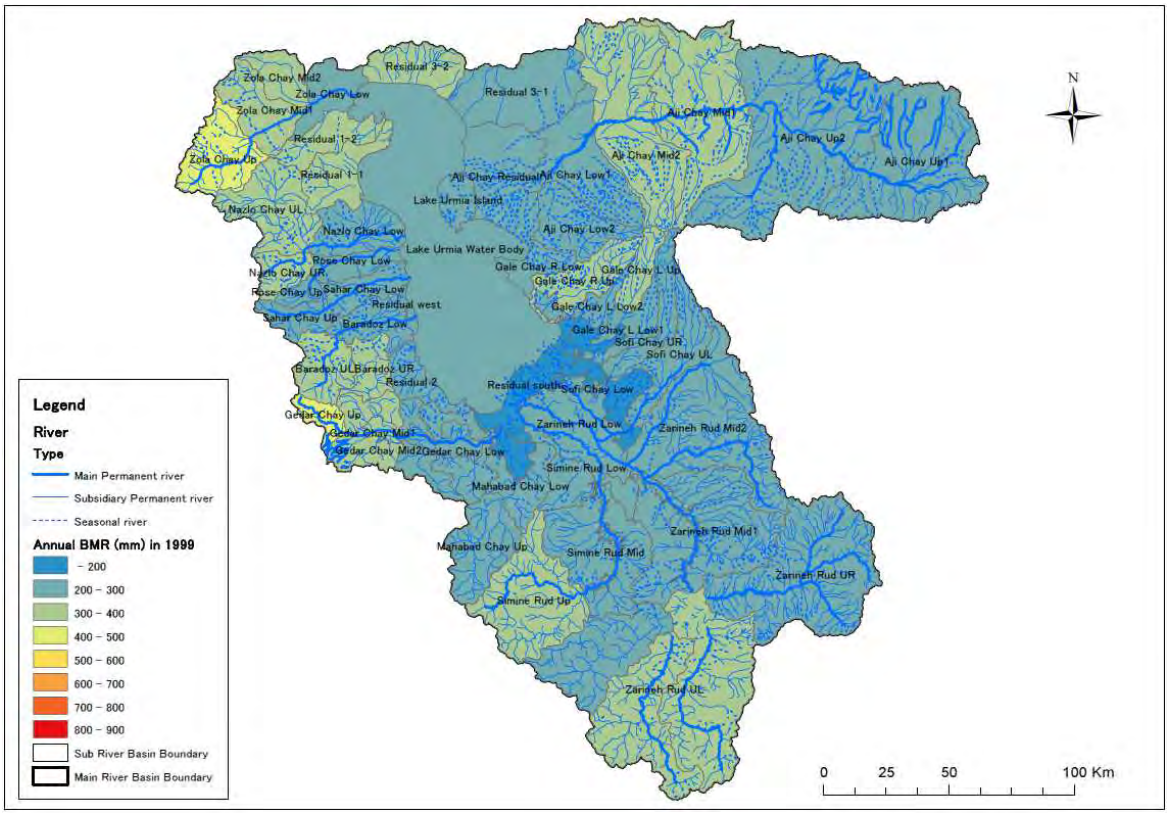
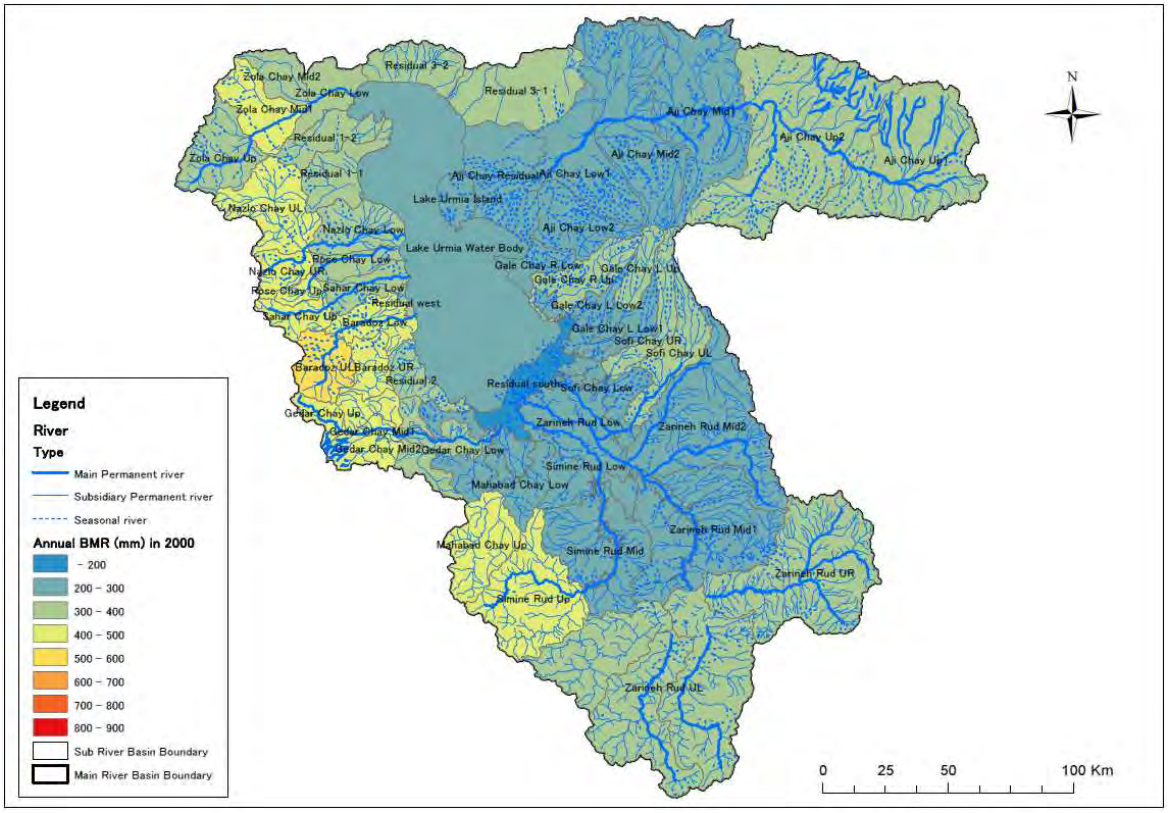


図 4.2.6　　小流域毎の年平均雨量（1/8）

2000



2001

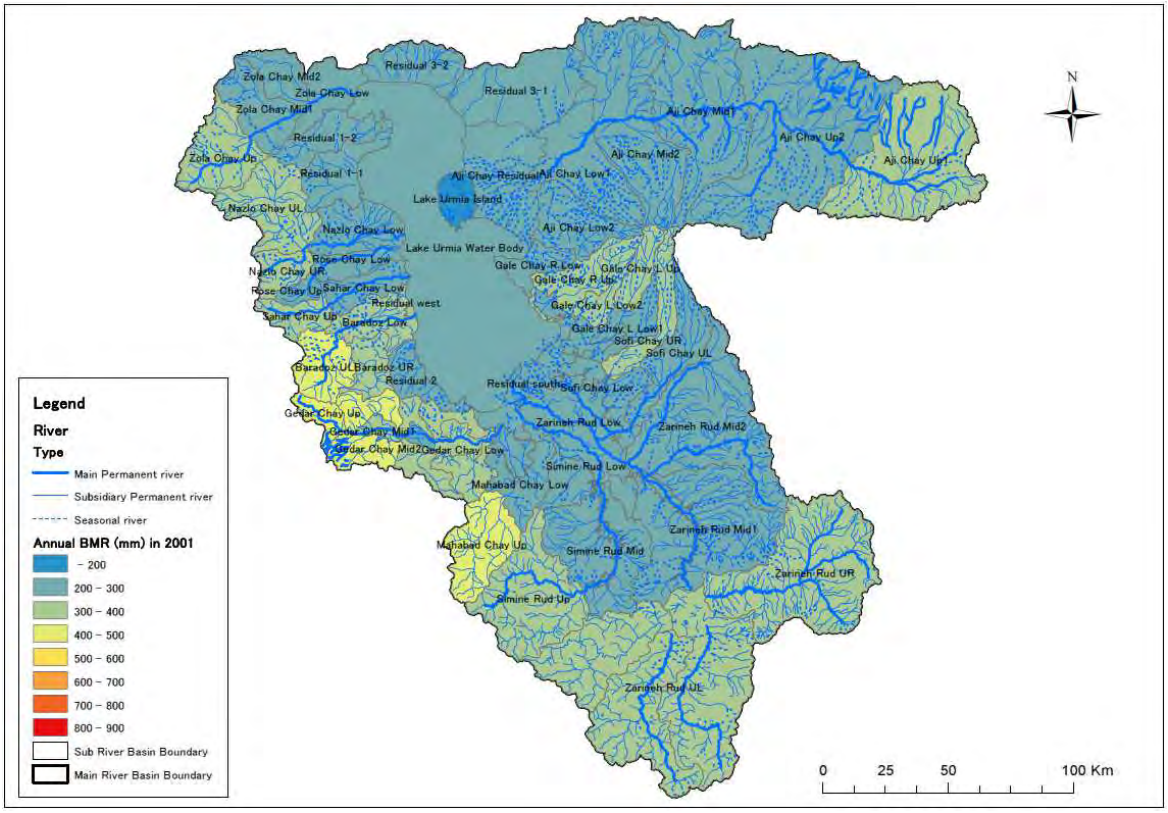
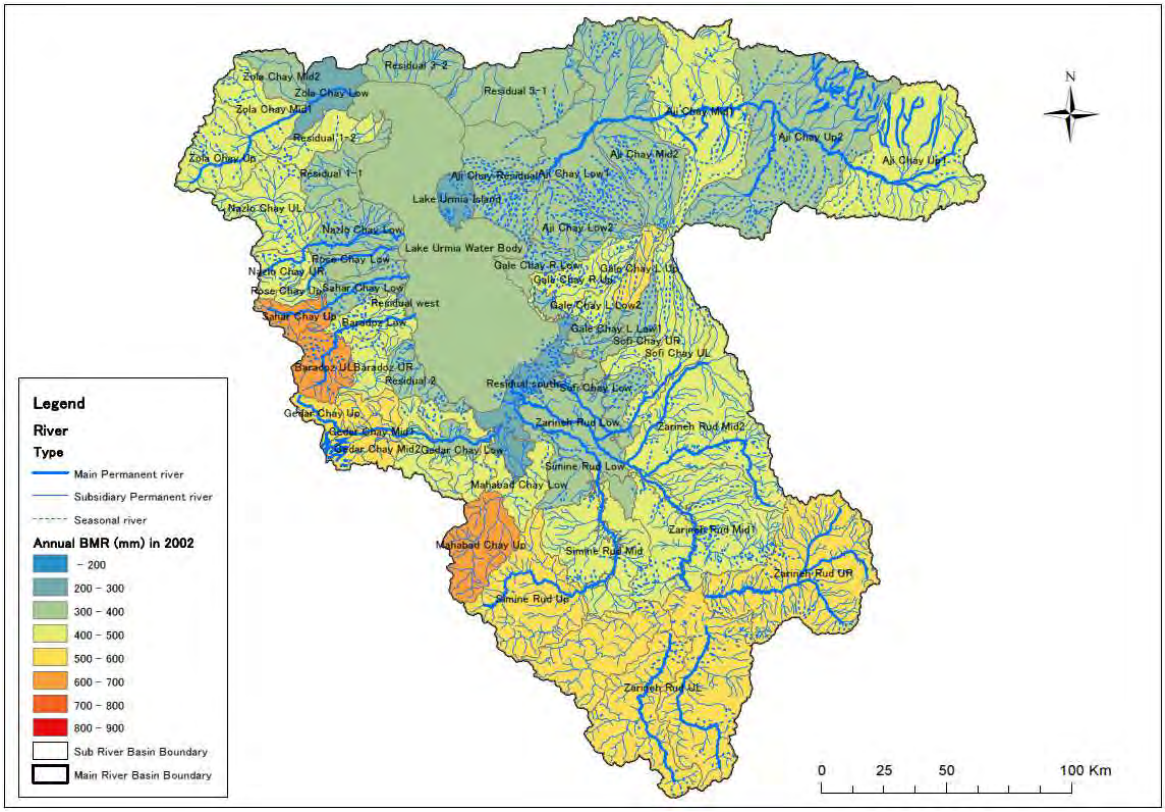


図 4.2.6　　小流域毎の年平均雨量 (2/8)

2002



2003

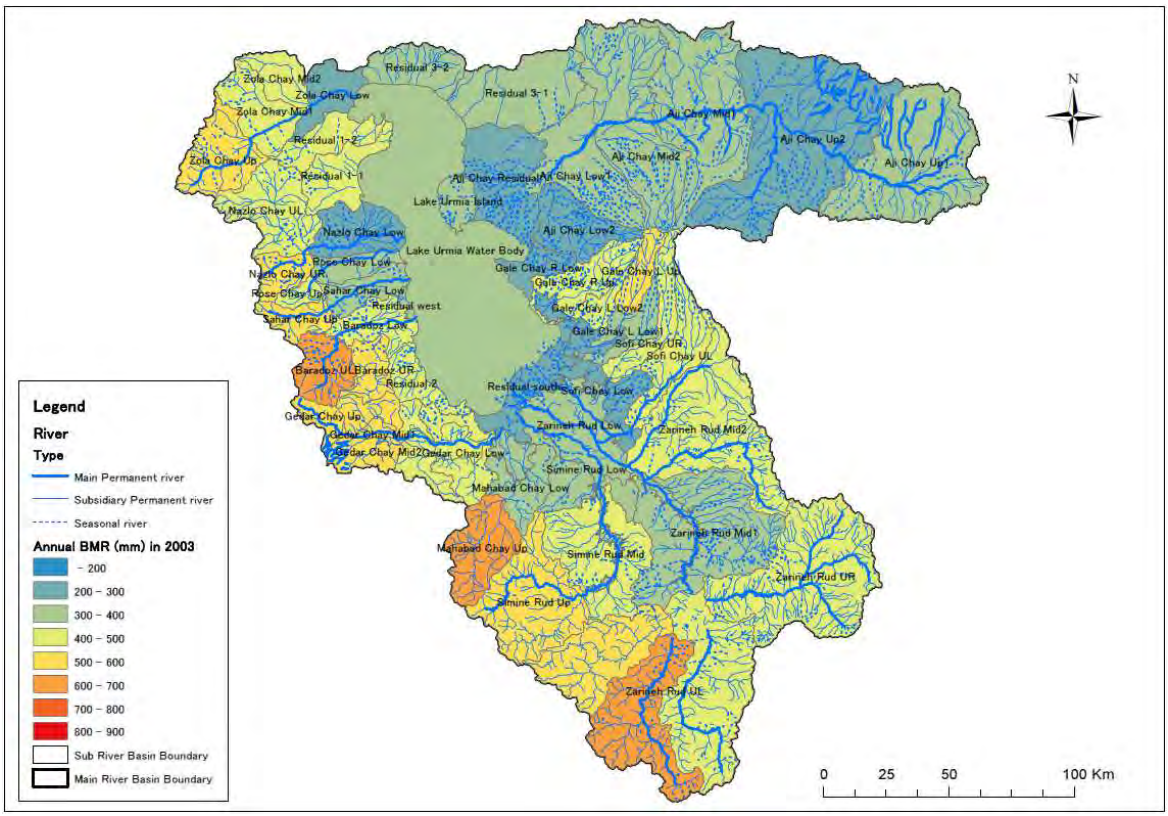
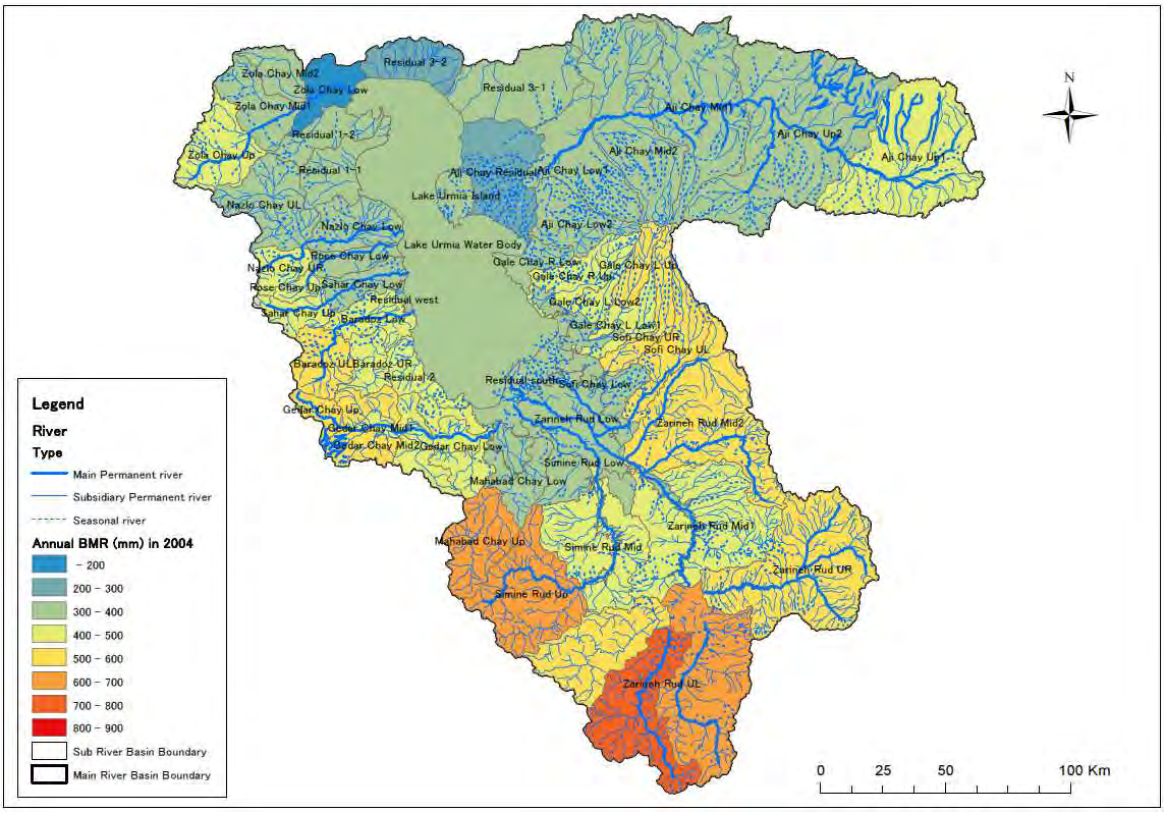


図 4.2.6　　小流域毎の年平均雨量 (3/8)

2004



2005

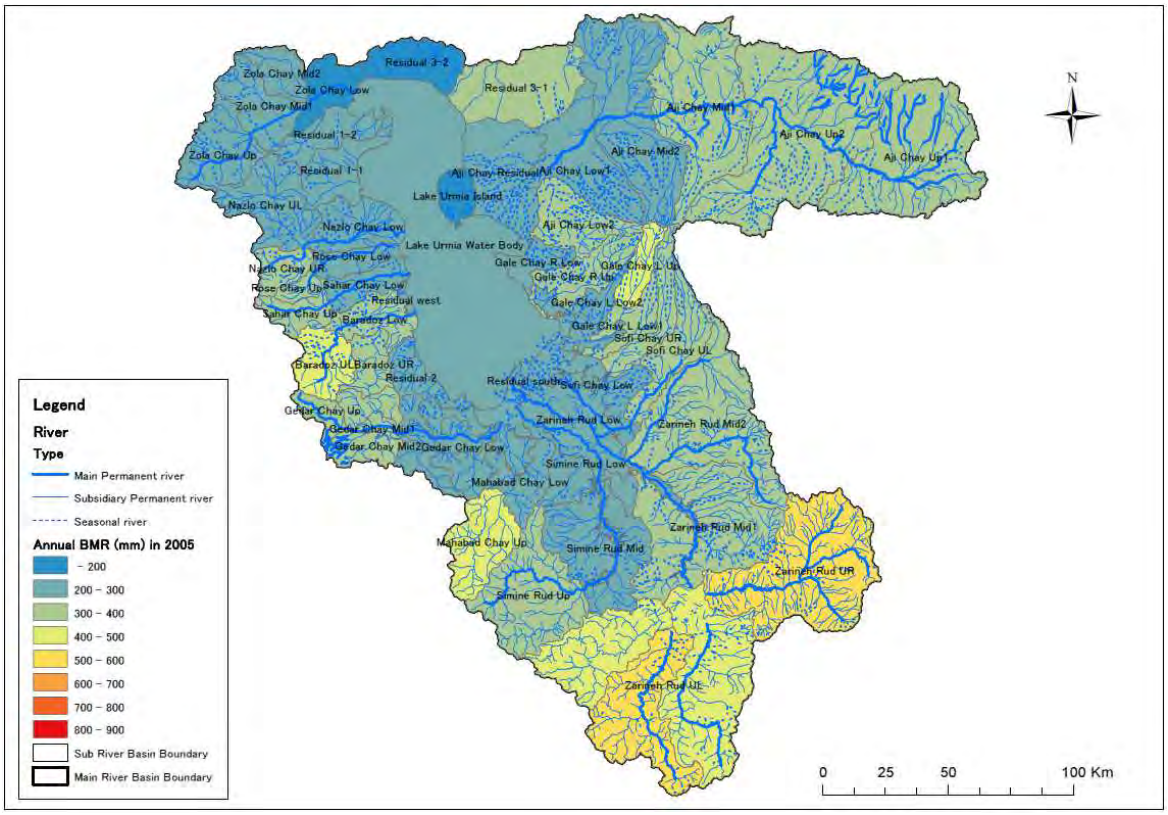
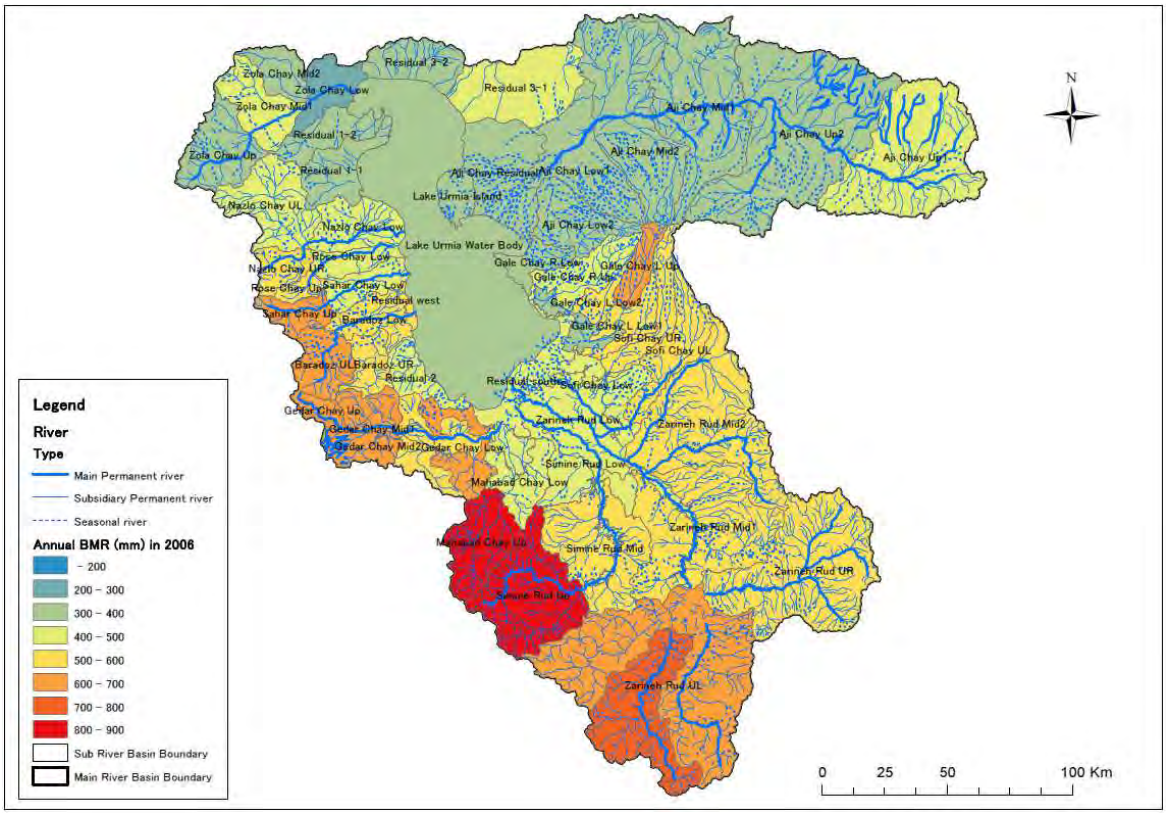


図 4.2.6　　小流域毎の年平均雨量（4/8）

2006



2007

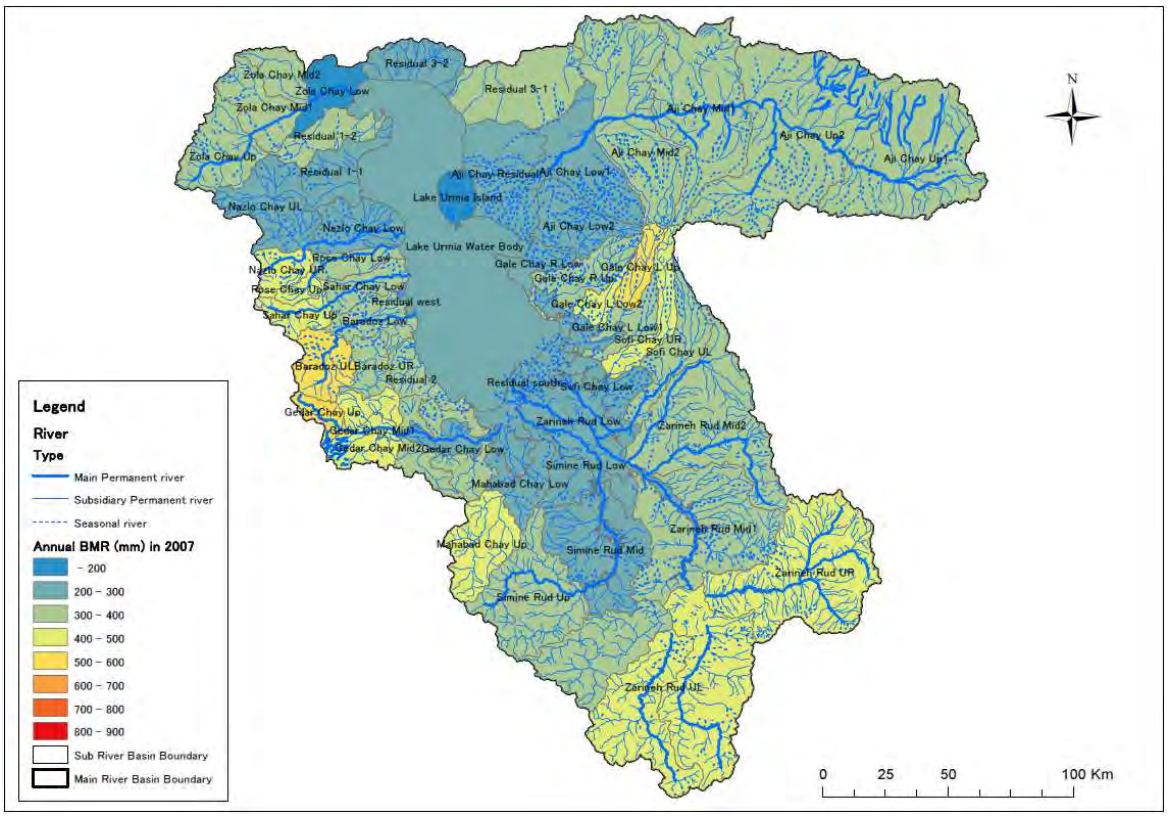
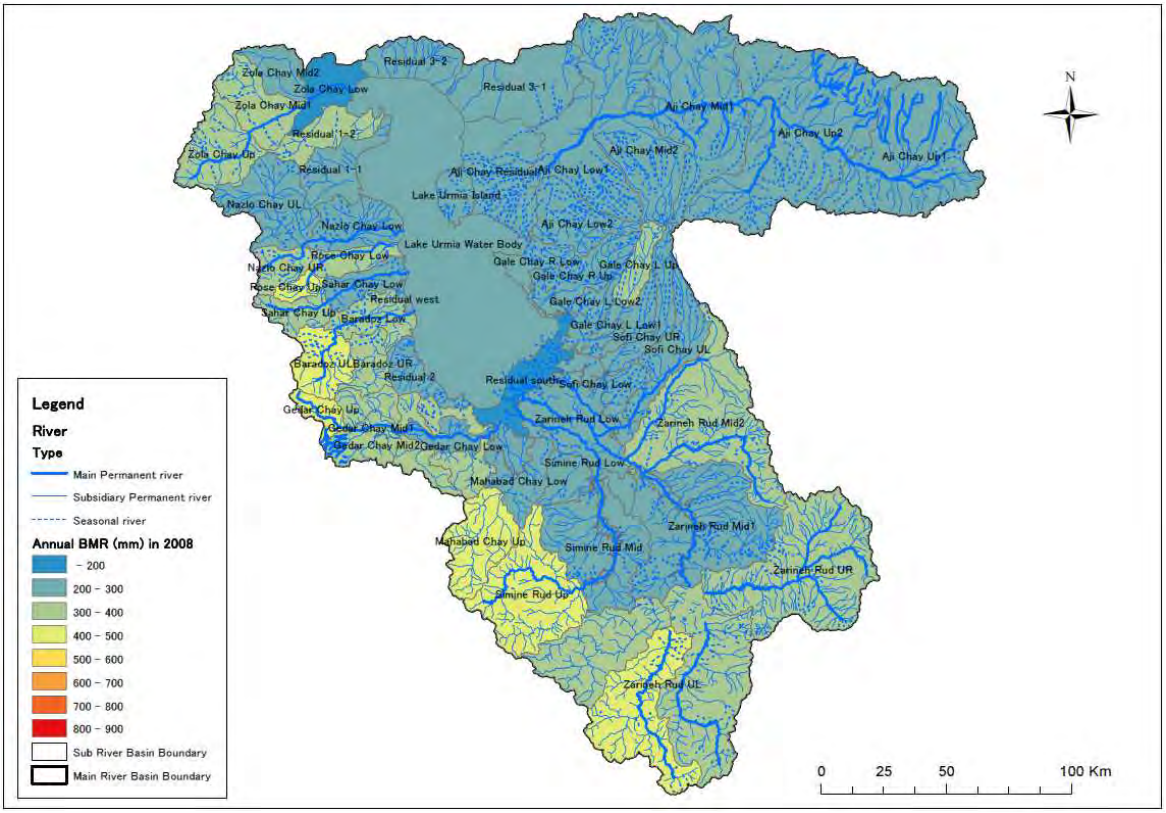


図 4.2.6　　小流域毎の年平均雨量 (5/8)

2008



2009

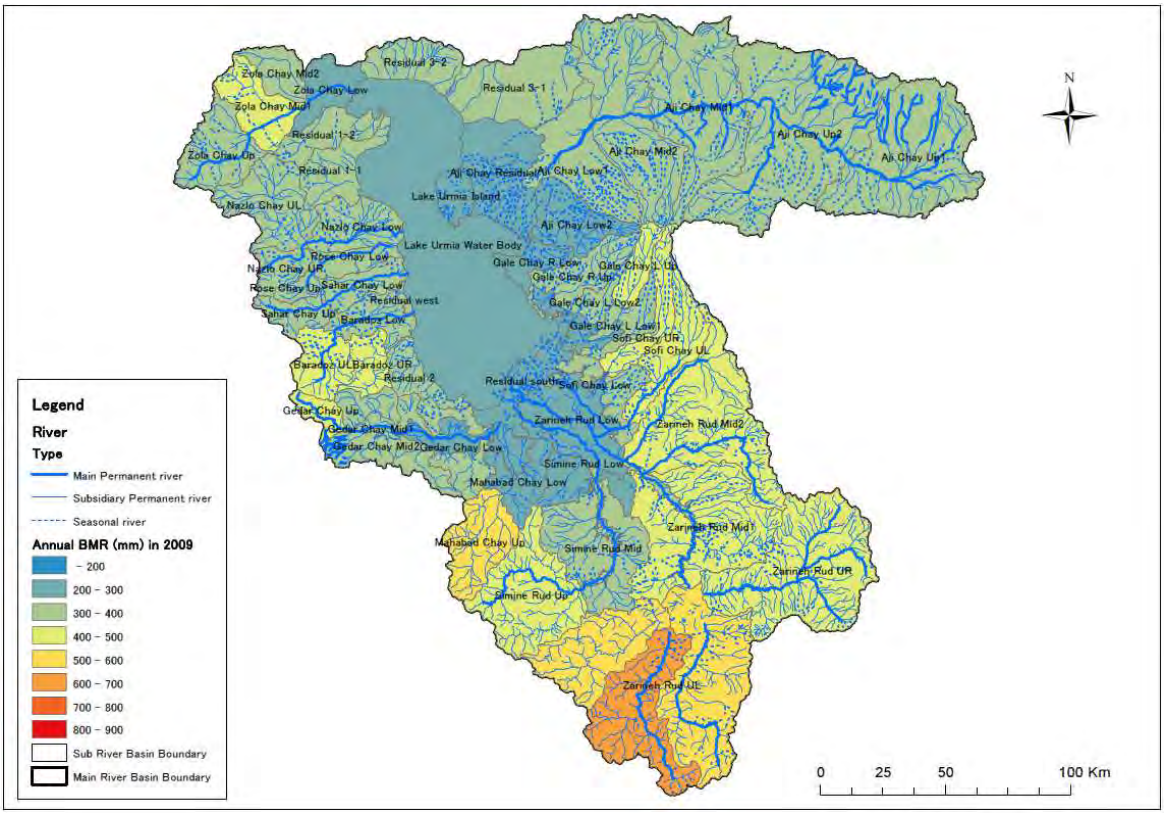
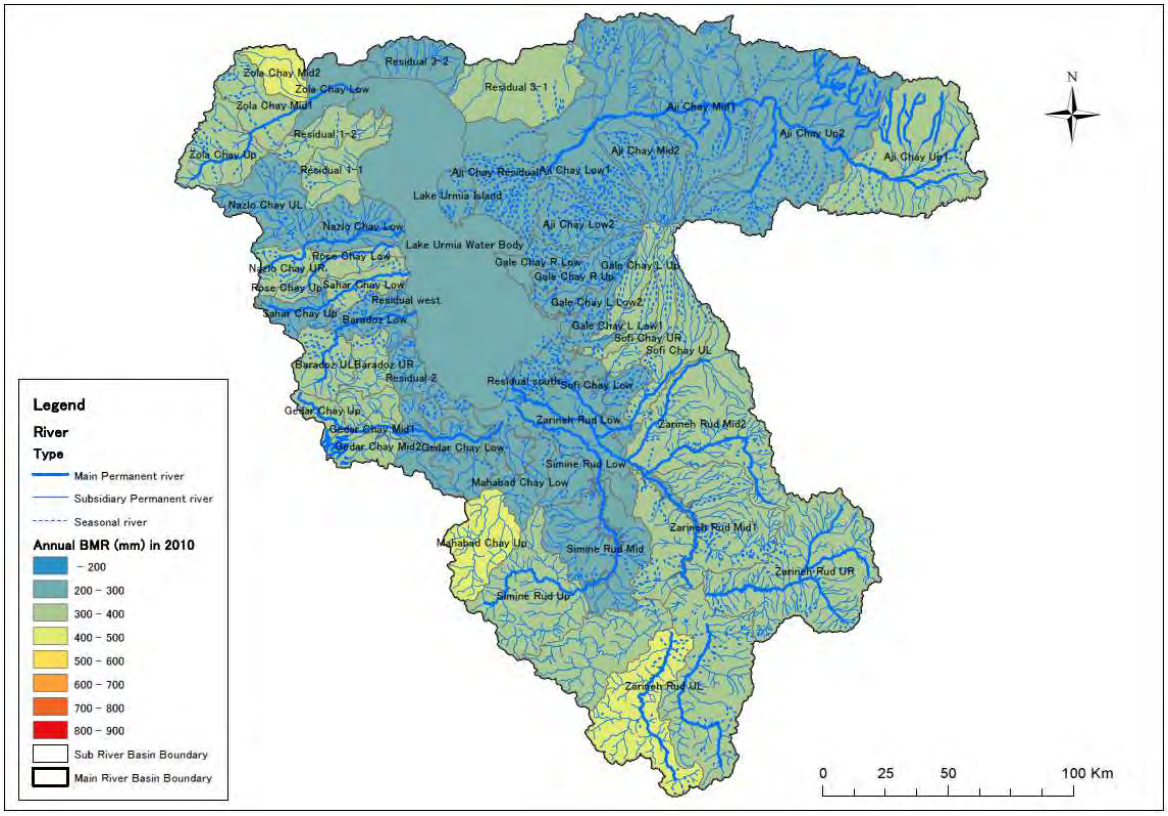


図 4.2.6　　小流域毎の年平均雨量（6/8）

2010



2011

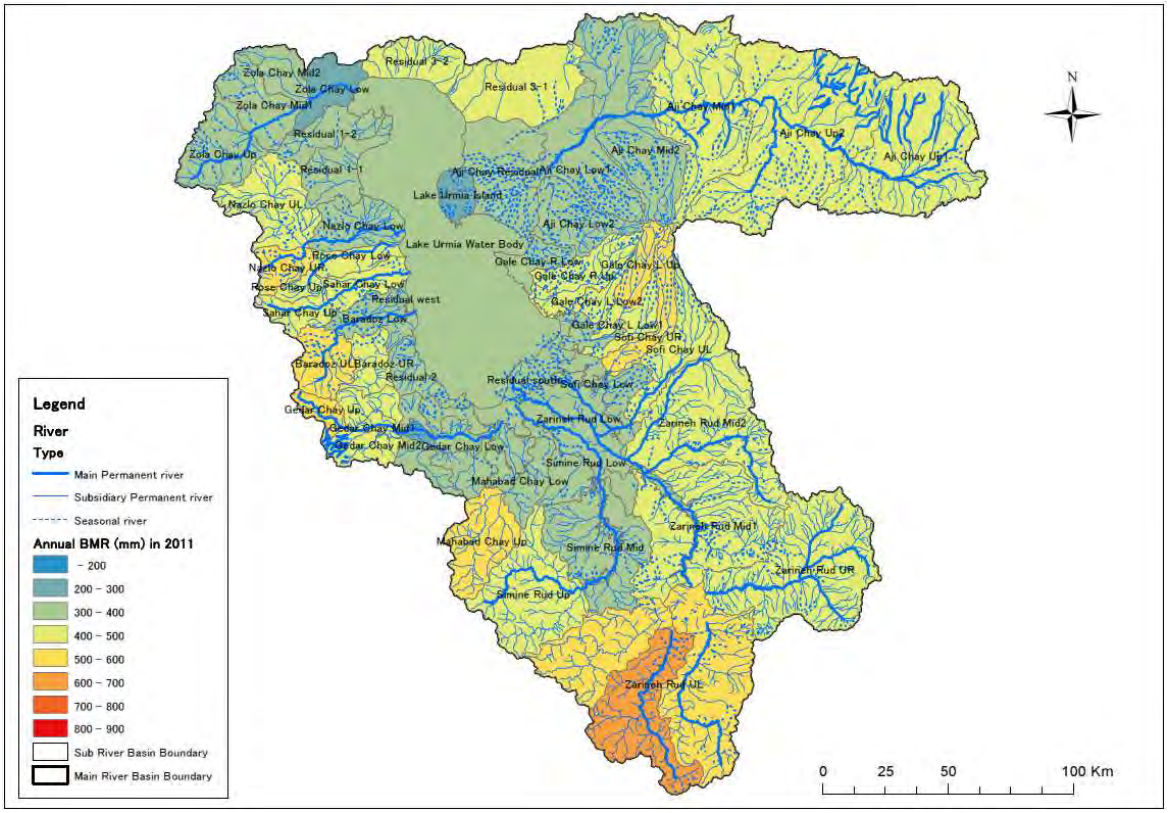
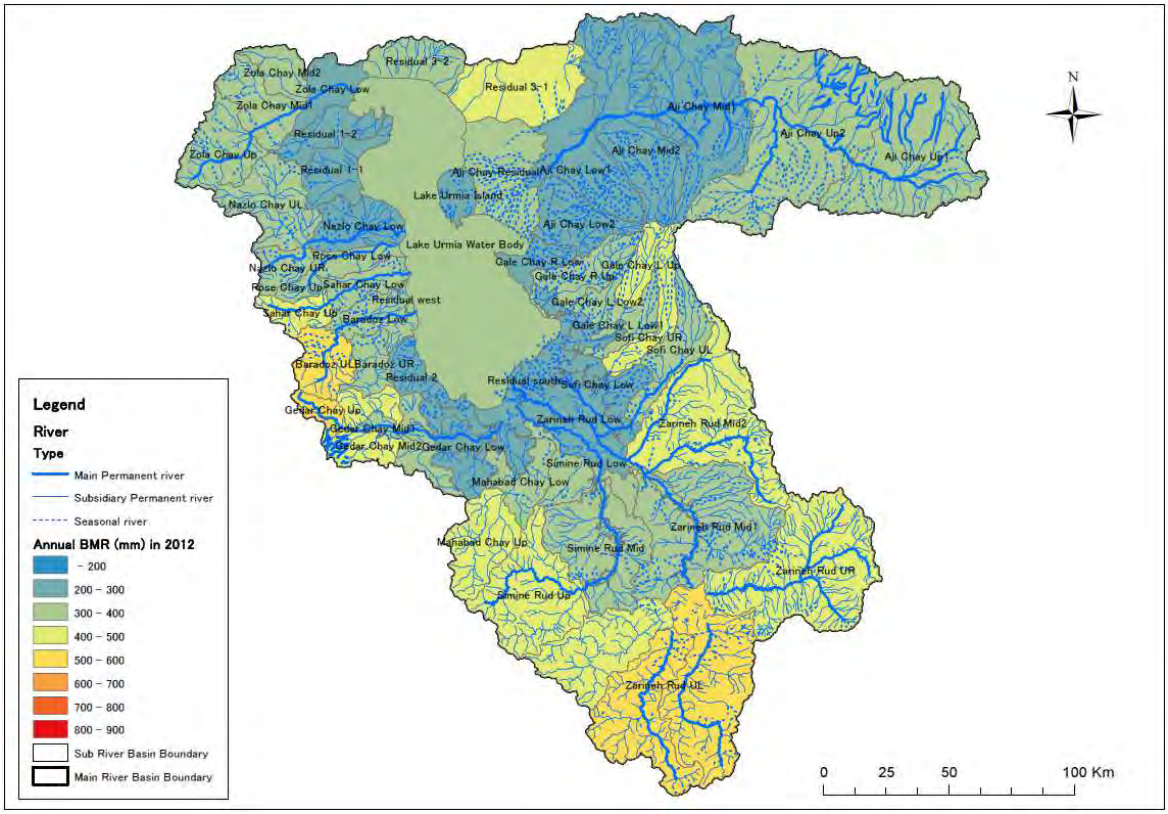


図 4.2.6　　小流域毎の年平均雨量（7/8）

2012



2013

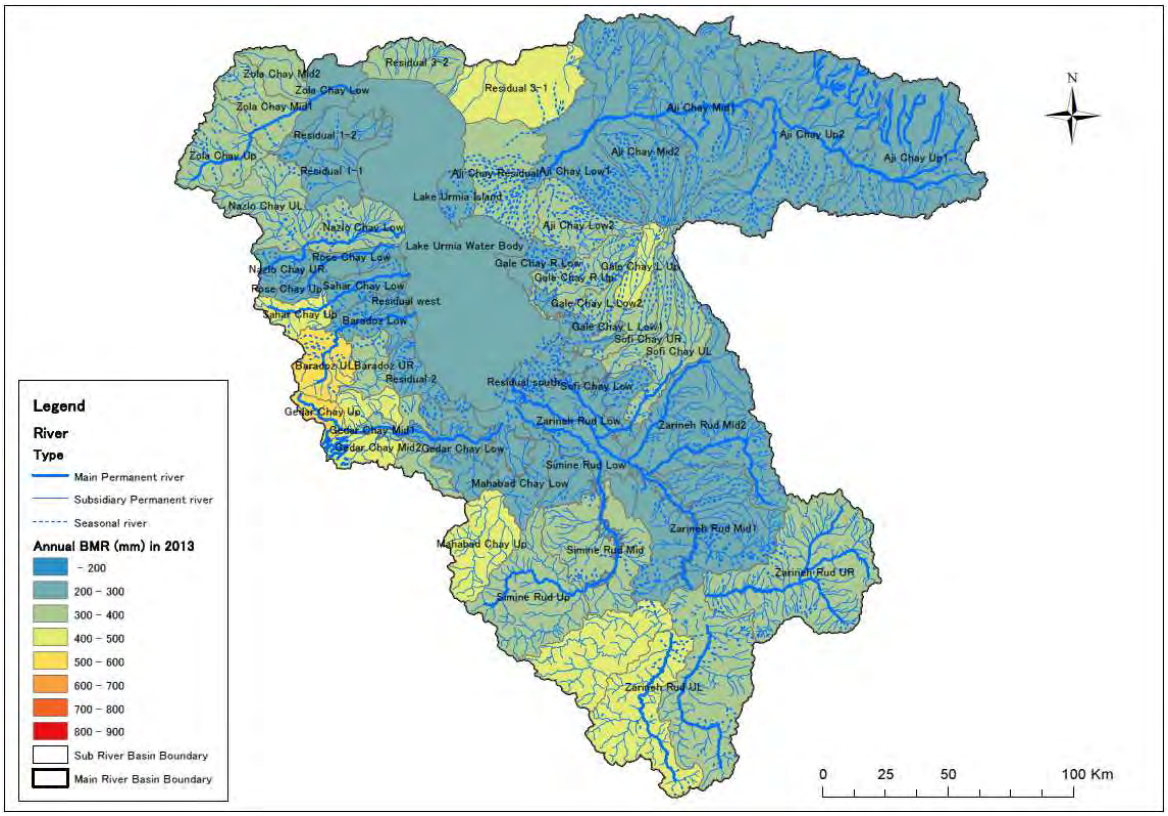
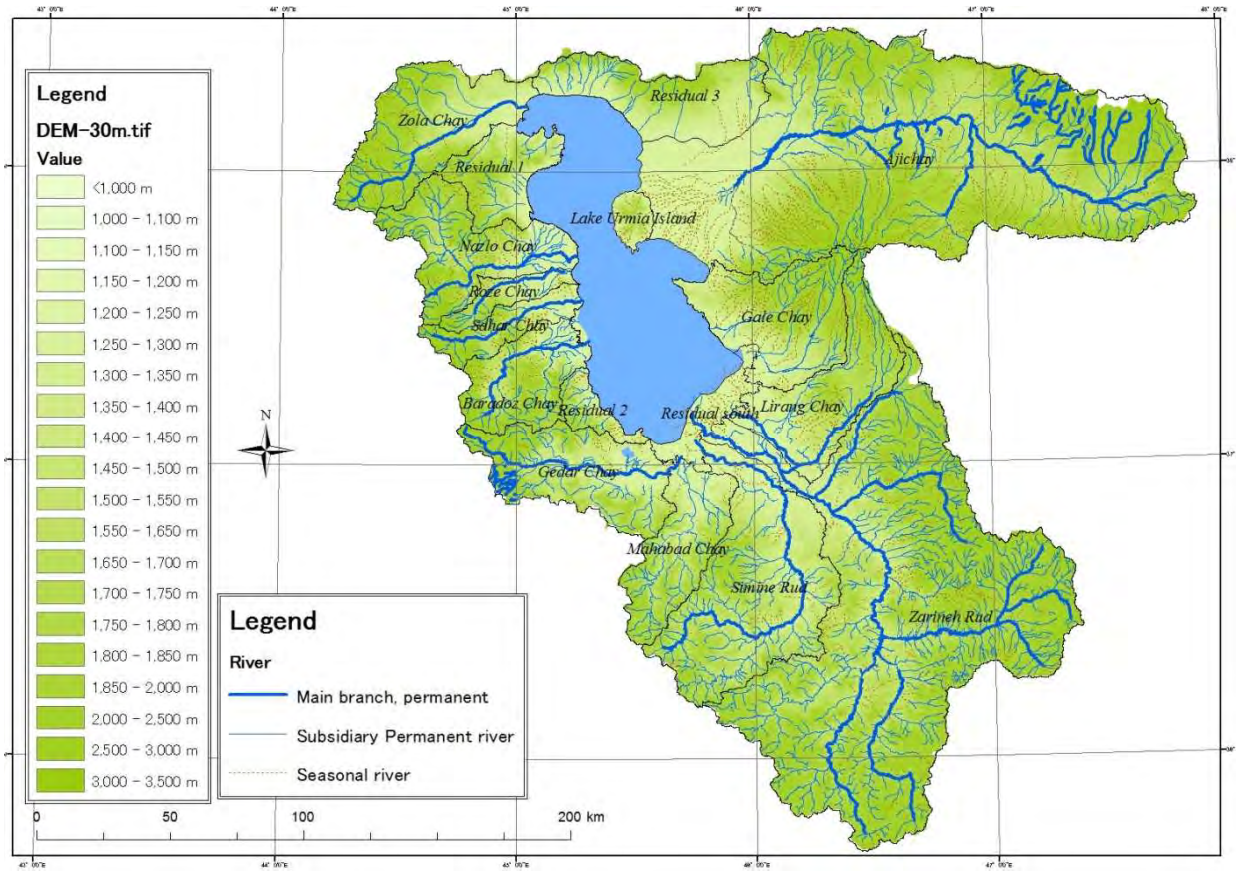


図 4.2.6　　小流域毎の年平均雨量（8/8）

4.3　河川

4.3.1　河川網

オルミエ湖流域に流入する河川は、（i）年間を通じて流量が確保された恒常河川、（ii）融雪出水にのみ由来する季節河川に分類される（図 4.3.1 を参照）。オルミエ湖流域の河道総延長の約 30%は季節河川である。WRMC から提供された河川位置図においては、主要河川の下流部も季節河川として定義されおり、流出形態が季節毎に大きく変化することが示唆される。



*Prepared by JICA Survey Team based on data provided by IWRM Co.

図 4.3.1　　河川網の分布状況

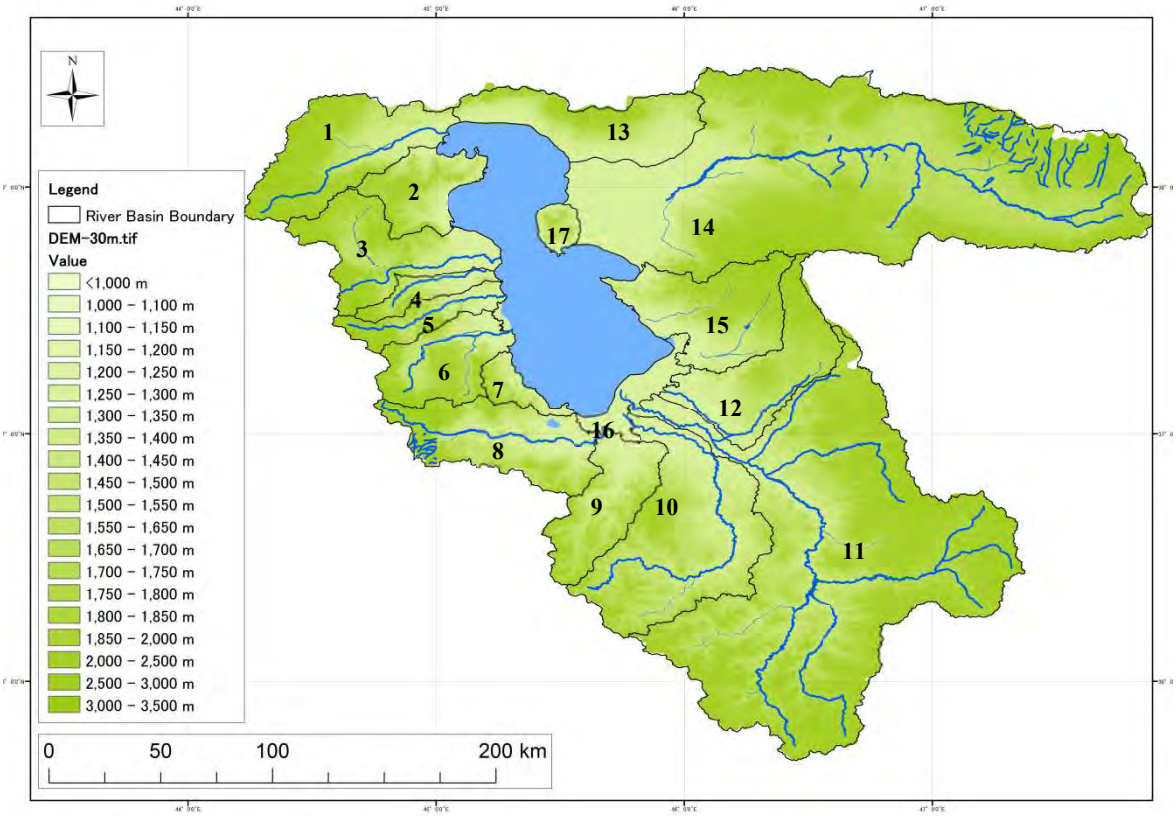
表 4.3.1　　河川網の内訳

Type		Length (km)	Ratio (%)
Main Channel (Permanent)		2,255	13.3
Branch Channel (Permanent)		9,722	57.4
Seasonal River		4,957	29.3
Total		16,934	100.0

*Prepared by JICA Survey Team based on data provided by IWRM Co.

オルミエ湖流域内の主要河川の位置図および流域分割図を図 4.3.2、その諸元を表 4.3.2 に示す。当該流域においては 12 の主要河川が湖に流入する。流入河川の内、最も大きな流域面積を有するのは Aji Chay 川（No.14）であり流域面積はオルミエ湖流域全体の 24.6%を占める 12,717km2 である。

次いで Zarineh Rud 川（No.11）が湖流域の約 22.9%を占める 11,838km2 となっており、Aji chay 川と併せて約 48%となる。二つの流域で流域面積の約半分を有することになる。



*Provided by IWRM Co., only main channels (temporal rivers) were illustrated.

図 4.3.2　　流入河川および流域分割

表 4.3.2　　流域諸元

No.	Basin Name	Area (km^2)	Percentage (%)	River Length (km)	River Slope	Administration
1	Zola Chay	2,258	4.4	85	0.012	Khoy, Urmia, Salmas, Shabestar
2	Residual 1	1,060	2.1	-	-	Urmia, Salmas, Shabestar
3	NazloChay	1,880	3.6	75	0.005	Urmia, Salmas, Shabestar
4	RozeChay	458	0.9	45	0.008	Urmia, Shabestar
5	Sahar Chay	712	1.4	65	0.016	Urmia, Shabestar
6	BaradozChay	1,362	2.6	60	0.012	Urmia, Oshnaviyeh
7	Residual 2	375	0.7	-	-	Mahabad, Miyandoab, Naqadeh, Urmia
8	GadarChay	2,091	4.0	105	0.015	Mahabad, Miyandoab, Naqadeh, Urmia, Oshnaviyeh, Piranshahr
9	MahabadChay	1,507	2.9	80	0.005	Mahabad, Miyandoab, Naqadeh, iranshahr, Sardasht
10	SimineRud	3,783	7.3	180	0.002	Baneh, Bonab, Bukan, Mahabad, Miyandoab, Saqqez, Sardasht, Shahindezh
11	ZarineRud	11,838	22.9	190	0.006	Baneh, Bijar, Bonab,Bukan, Divandarreh, Hashtrud, Mahneshan,Marivan, Miyandoab, Saqqez, Shahindezh, Takab
12	LilangChay	1,936	3.7	75	0.005	Bonab, Bostan Abad, Hashtrud, Maraqeh, Tabriz
13	Residual 3	1,840	3.6	-	-	Khoy, Marand, Shabestar
14	Ajichay	12,717	24.6	280	0.003	Ahar, Ardebil, Bostan Abad, Heris, Marand, Mianeh, Neer, Sarab, Shabestar, Tabriz
15	Gale Chay	2,094	4.0	50	0.030	Bonab, Bostan Abad, Hashtrud, Maraqeh, Tabriz
16	Residual south	551	1.1	-	-	Bonab, Mahabad, Maraqeh, Miyandoab
17	Urmia Lake Island	260	0.5	-	-	Shabestar, Tabriz
-	Urmia Lake (water body)	4,986	9.6	-	-	-
	Total	51,707	100.0	-	-	-

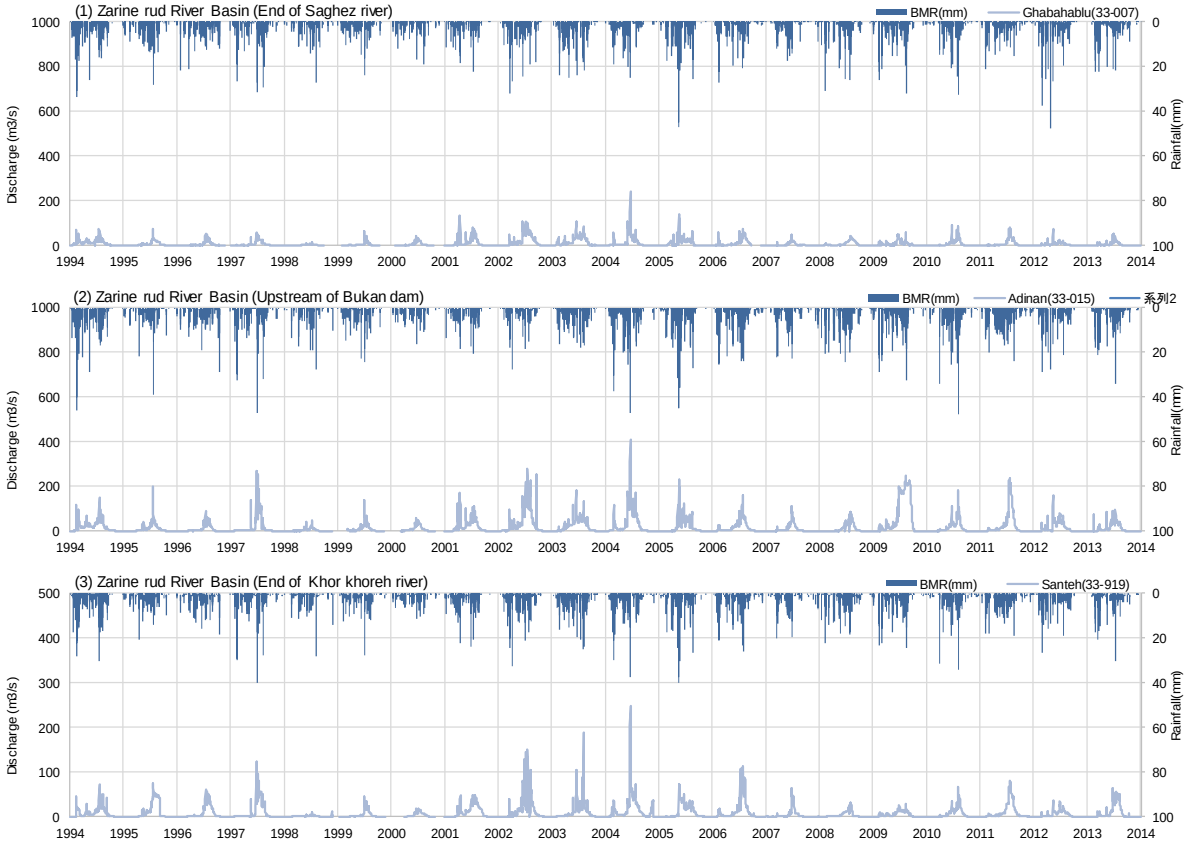
4.3.2 河川流量

(1) 降水量と流量の年間パターン

図 4.3.3 は、オルミエ湖流域の降雨流出特性を評価するため、代表的な小流域で IWRM Co.が観測した日降水量と日流量を示す。

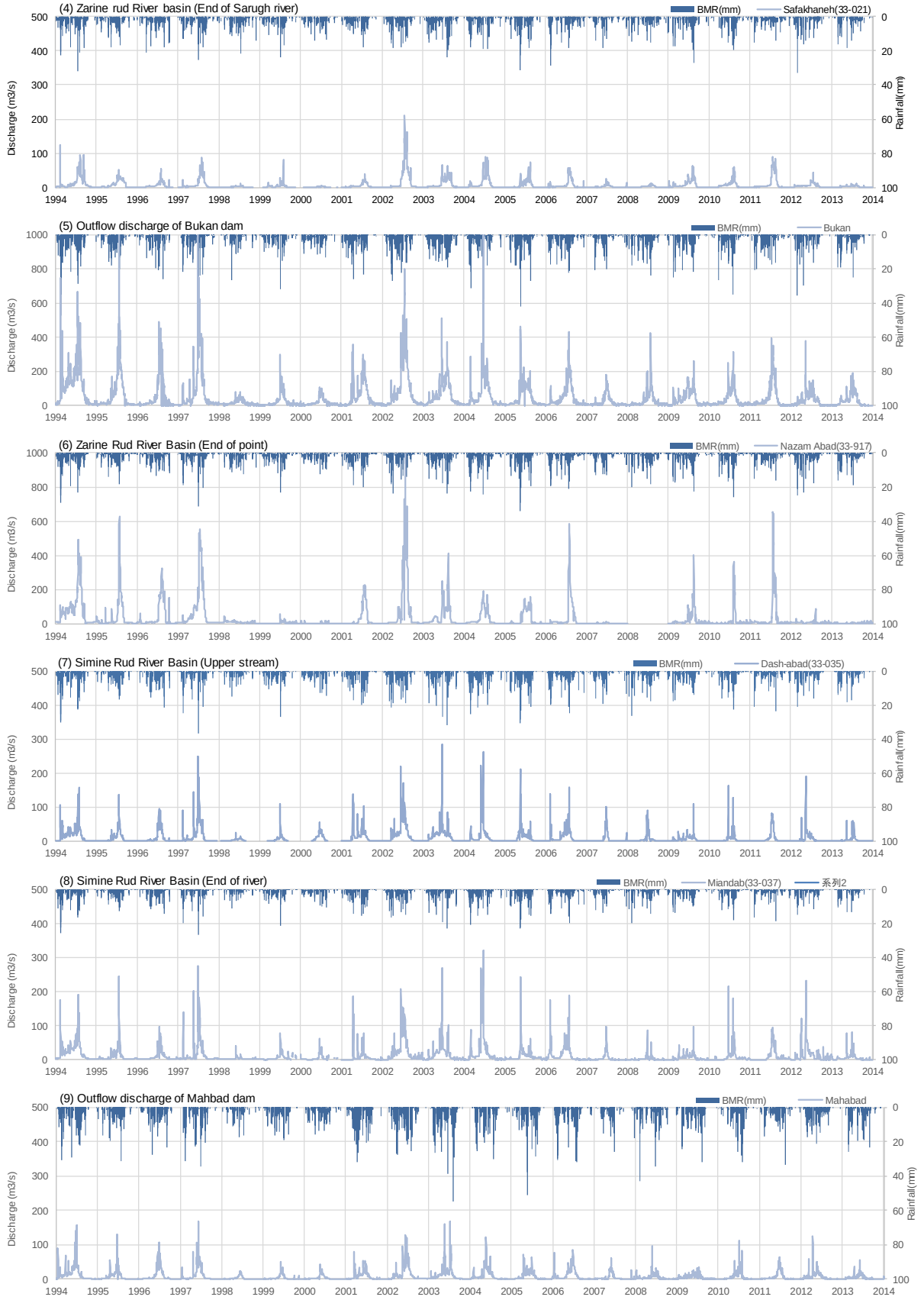
河川流量の大部分は 4～5 月の融雪期に発現しピーク流量となる。その後流量は 6 月以降急速に減少する。春から夏にかけて流量が減少する原因としては、山岳地帯に植生が少ないため地下水涵養量が少なく、上流のダム等の取水により地下水涵養量が減少するためと考えられる。したがって、オルミエ湖流域の流入河川には、2 つの共通の特徴がある。（i）積雪による貯留機能によって引き起こされる流量の急激な増加と、（ii）季節ごとの河川流量の急激な変化である。

収集された流出データを修正するために、オルミエ湖流域すべてのキャリブレーションポイントでの日流量データに関して、経年変動と流出率の側面からチェックを行った。チェック結果の詳細は第 5 章に示す。



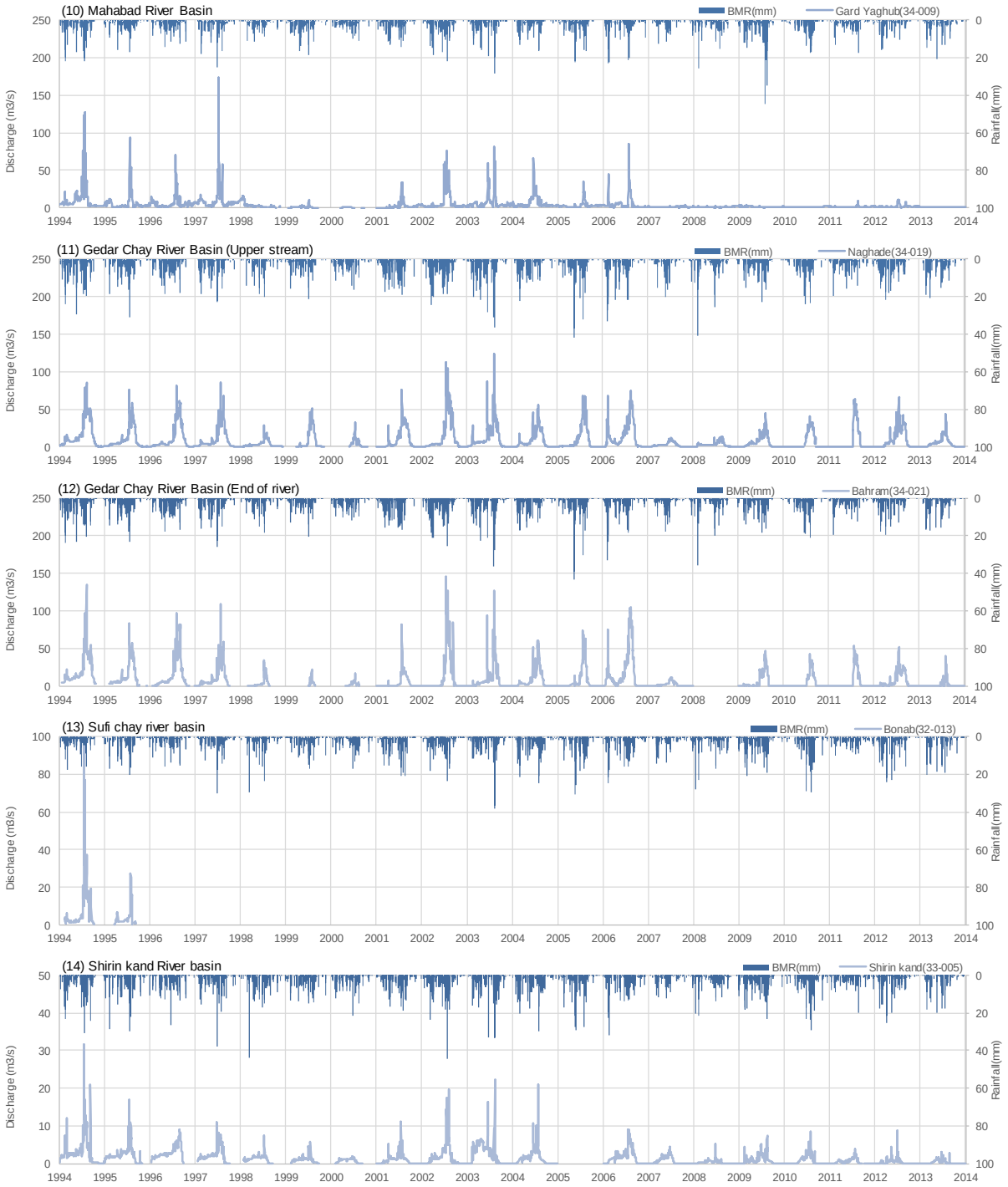
*Source: prepared by the Survey Team using IWRM Co. data

図 4.3.3 日流量および日平均雨量（1/3）



*Source: prepared by the Survey Team using IWRM Co. data

図 4.3.3　　日流量および日平均雨量（2/3）

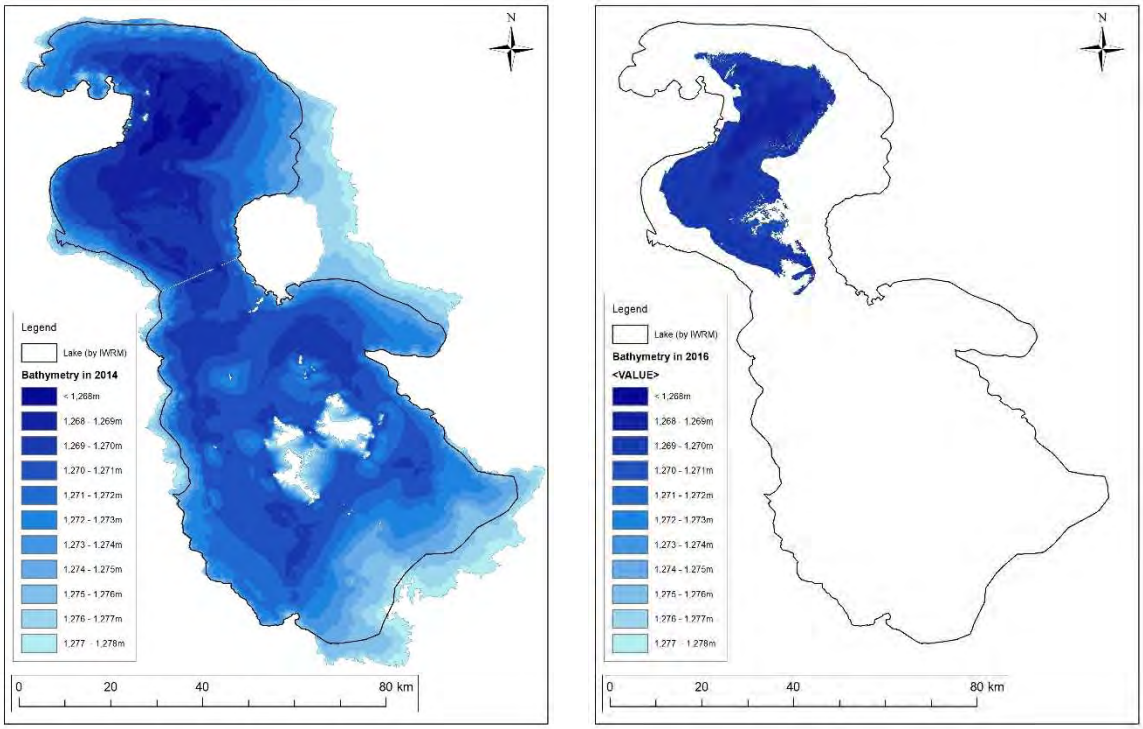


*Source: prepared by the Survey Team using IWRM Co. data

図 4.3.3　　日流量および日平均雨量（3/3）

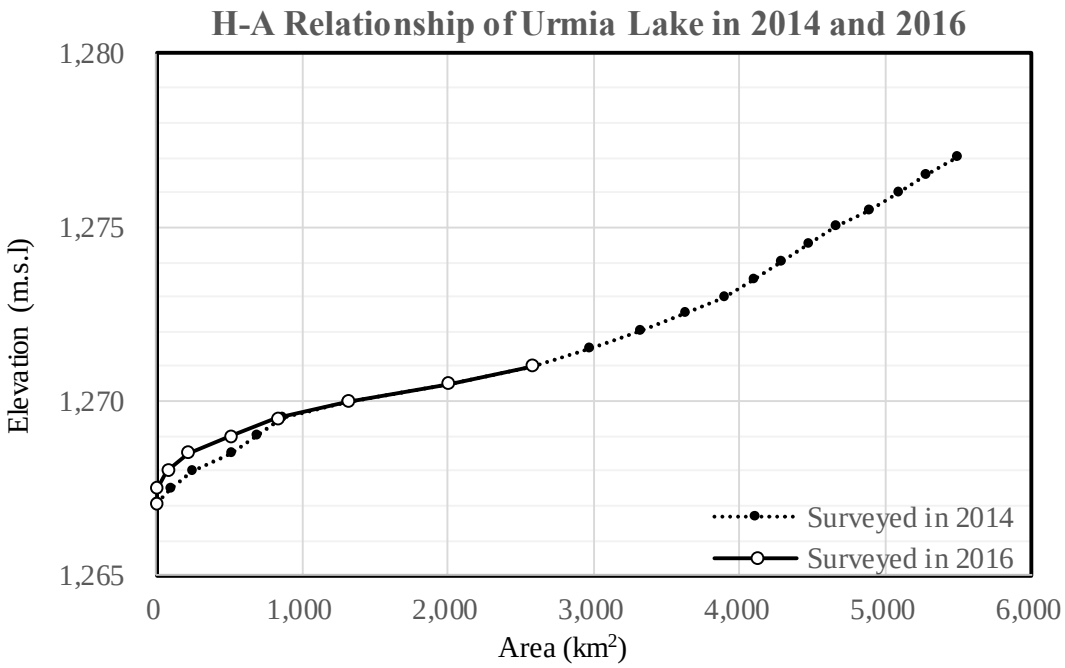
4.4　深浅測量

図 4.3.1 は、オルミエ湖の深浅測量結果である。以降に H-A と H-V の関係、および 2014 年と 2016 年の比較表を示す。湖南部の深浅測量は 2016 年に実施されていないが、オルミエ湖の北部で最大 1.2m の堆砂が 2 年間で確認され、湖面積の減少と約 380 MCM の貯水量の減少が確認された。



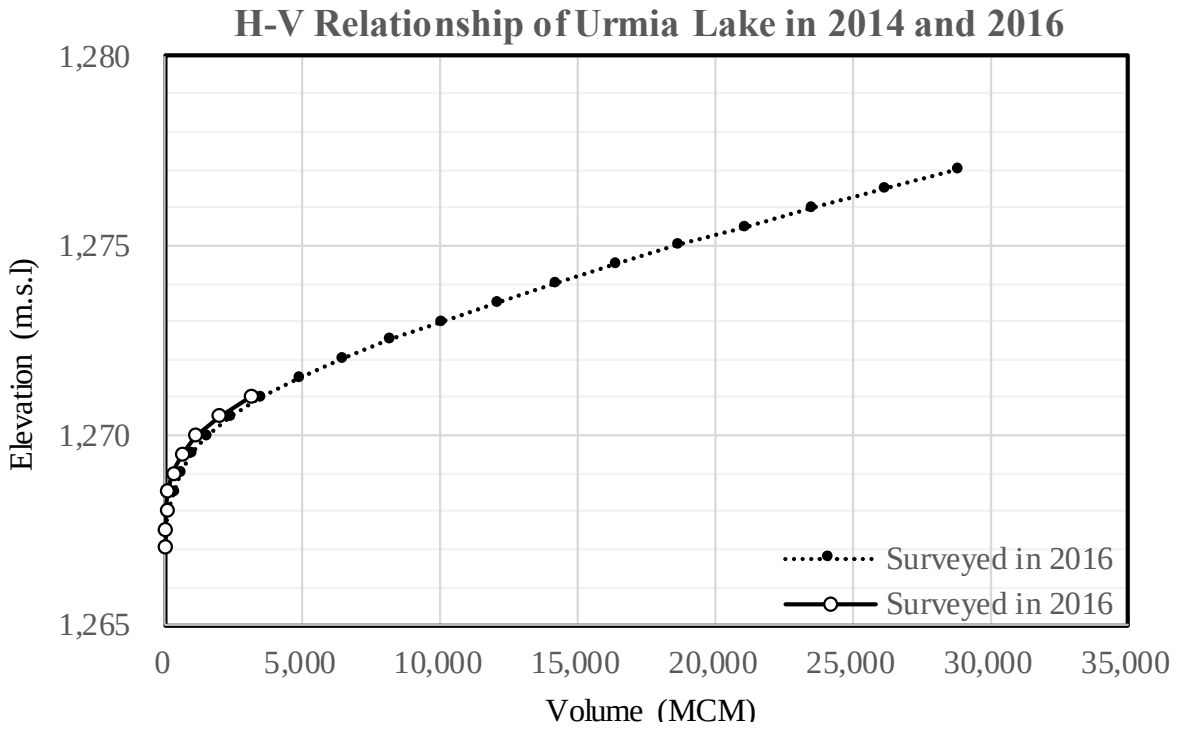
*Source: prepared by the Survey Team using collected data from ULRP

図 4.4.1　　オルミエ湖の深浅測量結果（2014 年及び 2016 年）



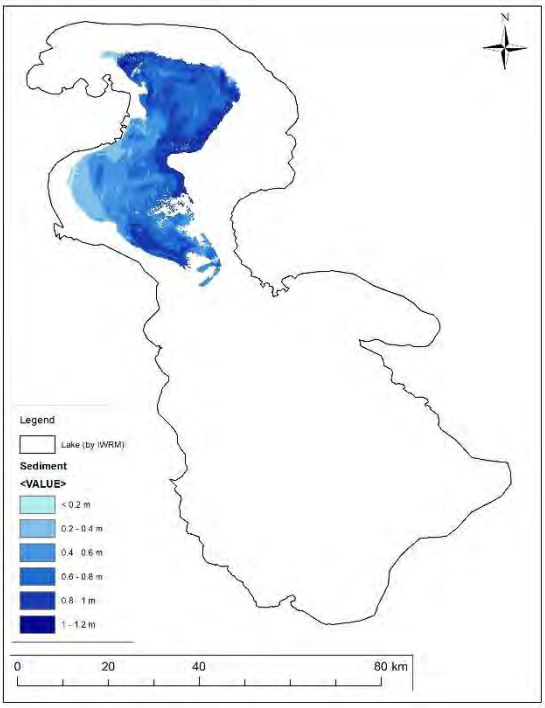
*Source: prepared by the Survey Team using collected data from ULRP

図 4.4.2　　H-A 関係図（2014 年および 2016 年）



*Source: prepared by the Survey Team using collected data from ULRP

図 4.4.3　　H-V 関係図（2014 年および 2016 年）



*Source: prepared by the Survey Team using collected data from ULRP

図 4.4.4　　2014 年から 2016 年にかけての堆砂の進行

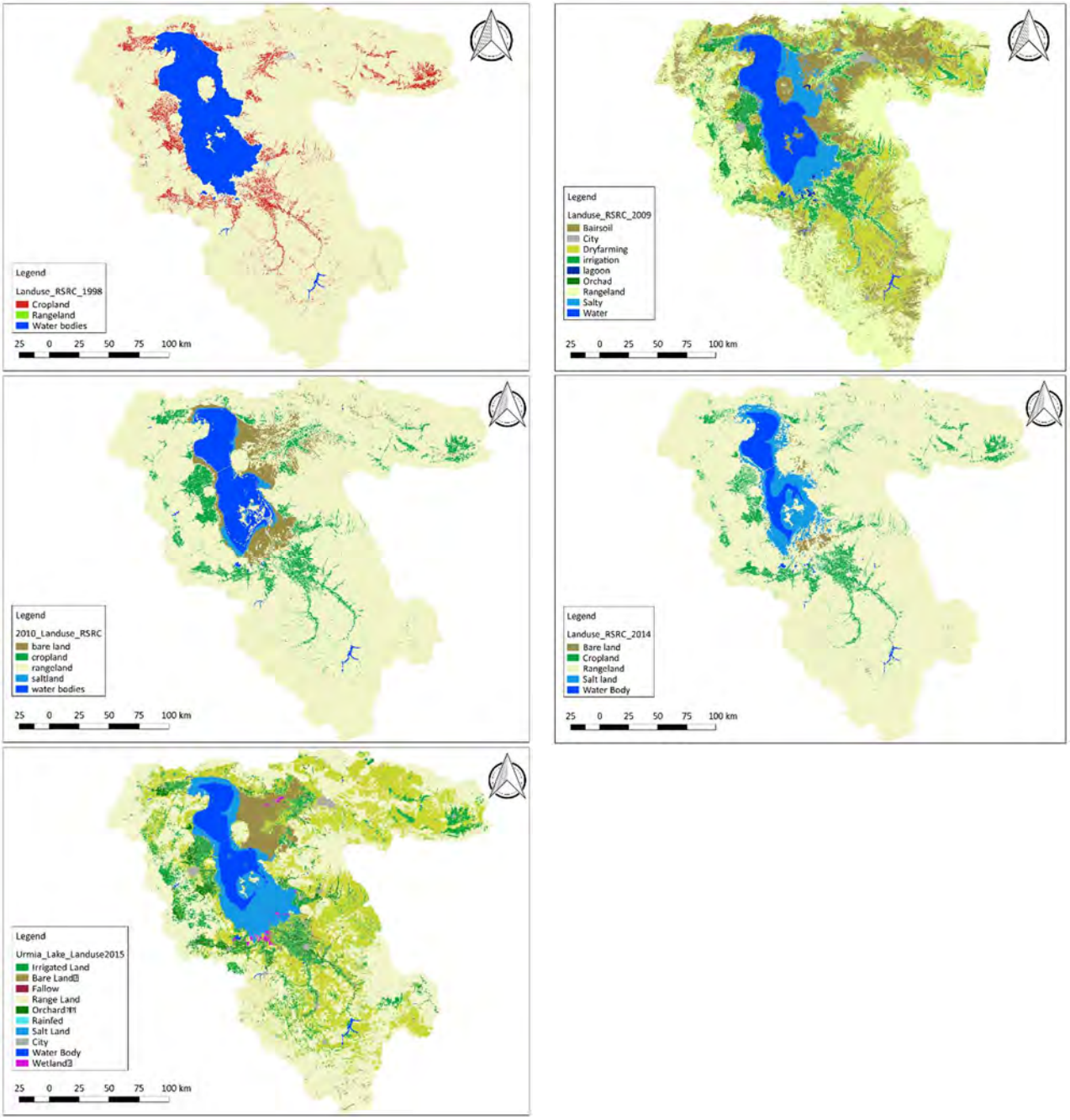
表 4.4.1　深浅測量結果表（2014 年および 2016 年）

Elevation (m.s.l)	Area(km^2)			Volume(MCM)		
	2014	2016	Difference	2014	2016	Difference
1267.07	0	0	0	0	0	0
1267.5	103	0	-103	17	0	-17
1268	243	78	-165	104	12	-92
1268.5	514	214	-300	286	84	-202
1269	683	514	-169	586	257	-329
1269.5	869	829	-40	981	603	-378
1270	1,300	1,306	5	1,475	1,093	-382
1270.5	2,001	2,002	0	2,320	1,938	-382
1271	2,574	2,574	0	3,464	3,082	-382
1271.5	2,965	-	-	4,858	-	-
1272	3,315	-	-	6,422	-	-
1272.5	3,627	-	-	8,171	-	-
1273	3,896	-	-	10,046	-	-
1273.5	4,099	-	-	12,053	-	-
1274	4,287	-	-	14,144	-	-
1274.5	4,475	-	-	16,343	-	-
1275	4,654	-	-	18,619	-	-
1275.5	4,879	-	-	21,011	-	-
1276	5,085	-	-	23,497	-	-
1276.5	5,278	-	-	26,095	-	-
1277	5,488	-	-	28,777	-	-

*Source: prepared by the Survey Team using collected data from ULRP

4.5 土地利用

RSRC は 1998 年、2009 年、2010 年、2014 年、2015 年に撮影された衛星画像を使用して土地利用分析を実施した。土地利用タイプの分類が統一されていない点、年ごとの土地利用率の違いにより、土地利用の変化の傾向を把握することは極めて困難である。2009 年から 2015 年の土地利用変化を比較すると、土地利用タイプの大幅な変化が認められ、特に、裸地が 75%に減少し、天水農業エリアが 64%に増加した。土地埋め立ての可能性も否定できないが、調査チームと ULRP は、土地利用タイプを識別するために使用された異なるパラメーターの適用が確認されため、この変化傾向は不確実であると結論付けた。協議の結果、2009 年の土地利用マップを、キャリブレーション期間（2005 年から 2014 年）の中間時点であることから、水循環モデルに適用することとした。



*Source: prepared by the Survey Team using collected data from ULRP

図 4.5.1 RSRC 提供の土地利用マップ（1998 年から 2015 年）

表 4.5.1　RSRC 提供の土地利用割合（1998 年から 2015 年）

1998			2009			2010			2014		
Type	Area (km^2)	%	Type	Area (km^2)	%	Type	Area (km^2)	%	Type	Area (km^2)	%
Cropland	3,875	7.5	Bare land	9,361	19.1	Bare land	2,728	5.26	Bare land	324	0.6
Rangeland	41,972	81.0	City	383	0.8	Cropland	4,307	8.31	Cropland	4,195	8.1
Water body	5,971	11.5	Dry farming	8,991	18.4	Rangeland	41,125	79.36	Rangeland	43,281	83.5
			Irrigated Area	3,868	7.9	Salt land	447	0.86	Salt land	2,291	4.4
			Lagoon	96	0.2	Water body	3,211	620	Water body	1,725	3.3
			Orchard	809	1.7						
			Rangeland	19,095	39.1						
			Saltland	2,593	5.3						
			Water body	3,695	7.6						
Sum	51,818	100	Sum	48,891	100	Sum	51,818	100	Sum	51,816	100

2015*		
Type	Area (km^2)	%
Bare land	2,323	4.5
Urban	536	1.0
Rainfed	14,773	28.5
Irrigated	5,092	9.8
Fallow	81	0.2
Range land	21,944	42.3
Orchard	1,599	3.1
Salt land	3,134	6.0
Water body	2,297	4.4
Wetland	108	0.2
Sum	51,887	100

*In 2015, land use types are summarized e.g. range land (good, middle and bad) and irrigated area (agri-fall and agri-spring).

表 4.5.2　土地利用割合の 2009 年と 2015 年の比較

2009			2015			Difference	
Type	Area (km^2)	%	Type	Area (km^2)	%	Area (km^2)	%
Bare land	9,361	19.1	Bare land	2,323	4.5	-7,038	-75.2
City	383	0.8	Urban	536	1.0	153	39.9
Dry farming	8,991	18.4	Rain fed	14,773	28.5	5,782	64.3
Irrigated Area	3,868	7.9	Irrigated	5,092	9.8	1,224	31.6
Lagoon	96	0.2	-	-	-	-	-
-	-	-	Fallow	81	0.2	-	-
Orchard	809	1.7	Orchard	1,599	3.1	790	97.7
Range land	19,095	39.1	Range land	21,944	42.3	2,849	14.9
Salt land	2,593	5.3	Salt land	3,134	6.0	541	20.9
Water body	3,695	7.6	Water body	2,297	4.4	-1,398	-37.8
-	-	-	Wetland	108	0.2	-	-
Sum	48,891	100	Sum	51,887	100		

4.6 地質学と水文地質学

4.6.1 地質構造

(1) 地形とテクトニクス

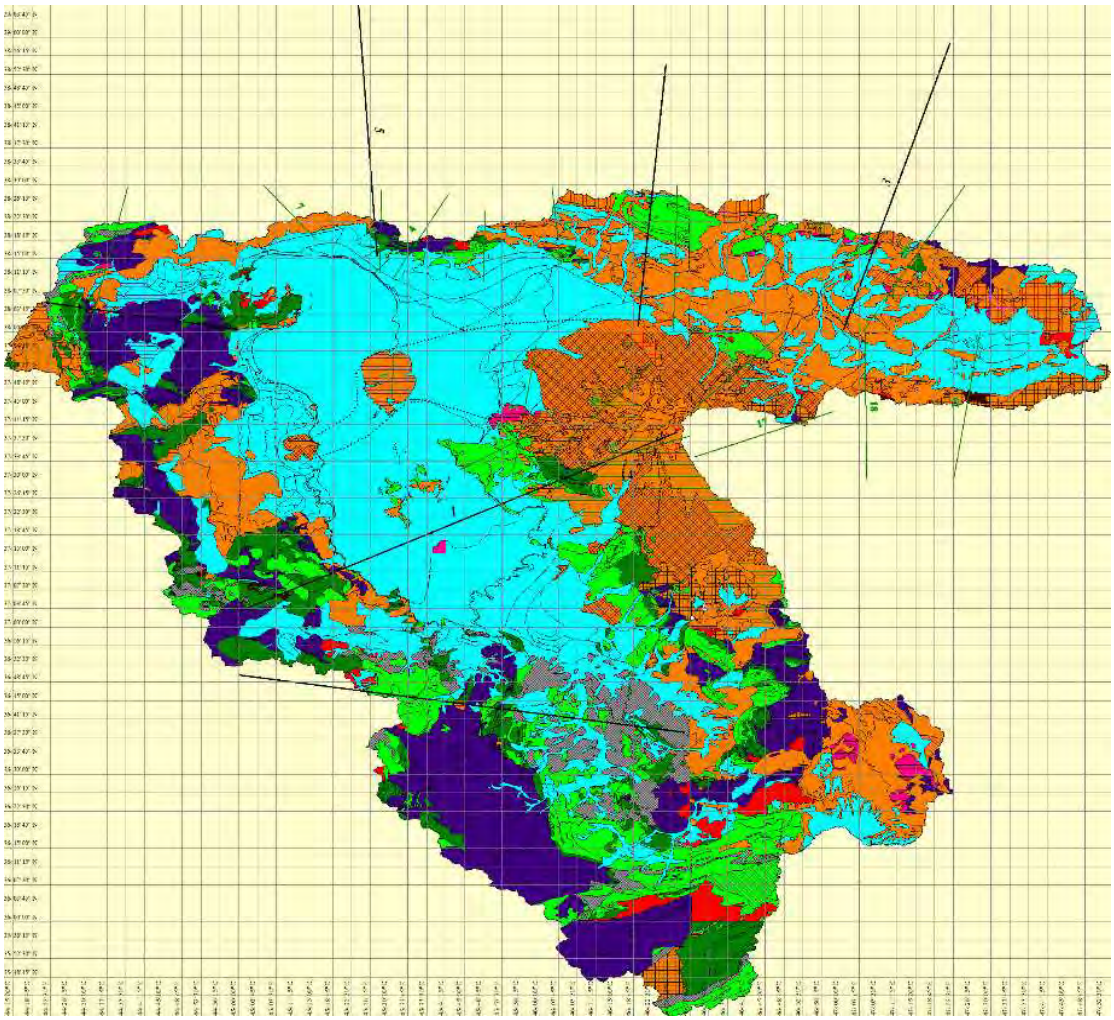
イラン国の地形には、北西と南東に規則的な構造の特徴がある。アラビアプレート（Zagros Fold Belt と呼ばれる）がペルシャ湾の沈降線と方向が一致する部分である。ペルシャ湾は、過去の地質学的な時代の地溝帯として誕生した。オルミエ地域が世界的にみても沈下しているという事実は、中近東地域で発生している地溝変動と関連しているが、その多くはいわゆる「Back-arc basin movement」に関連している。

(2) 一般地質

オルミエ地域の最も古い層は、中央変成帯と呼ばれる変成岩で構成されている。この構造は地溝帯の輪郭を形成する。地溝帯は、古生代から第三紀までの地質時代の堆積岩と火山岩からなる若い層で覆われている。最も若い地層は、Soltanhesamch 山を形成するオルミエ湖の東部に分布する第三紀火山岩である。第四紀層は、未固結の堆積物であり、湖域と川沿いに分布している。

前回調査では、地質情報からとりまとめた図 4.6.1 に示す地質図を作成した。この地図に表示されているオルミエ湖の地質は次のとおりである。

沖積層　：未固結堆積物、河川堆積物と湖堆積物に分類
三次層　：東部に分布する火山岩、ほぼ全域に分布する石灰質岩を主体とする堆積岩
古い岩　：中生代より古い堆積岩、変成岩、火山岩



Geological Age

- Quaternary
- Pliocene
- Miocene
- Oligomiocen
- Eocene
- Paleocene - Eocene
- Upper Cretaceous
- Cretaceous
- Lower Cretaceous
- Jurassic
- Triassic
- Creta- Paleo
- Permian
- Before Permian
- Camb- Ordov
- Cambrian
- Precambrian
- Igneous rocks
- Kalrd, melange

Lithology

Volcanic rocks

- Alcan andesite and basalt
- And dacite tuff acid
- Andesitic and basaltic-trachyandesite
- Andesitic lava
- Andesitic Vo rocks
- Ash and pyroclastic rocks not separated
- Average andesite rocks and Vo breccias
- Co and S-S
- Co purple and breccia
- Cos with Vo rocks
- Dacite - trachyandesite and ignimbrites
- Dacite and felsic rocks
- Dacite and ignimbrites
- Dacite and pyroclastic rocks
- Dacite with felsic rocks
- Dome of trachyandesite
- Hornblende dacite and andesite
- Ignimbrites
- Karaj Fo: S-S and Co
- Latite Po
- Latites Po
- Maragheh bone layers of Vo ash
- Pyroclastic Cos
- Pyroclastic rocks
- Pyroxene andesite and trachyte
- Semi-hard Co with layers Ignimbrite
- Trachyandesite
- Trachyandesite flows
- Travertine
- Tuffs, ignimbrites and lava flows cutting red
- Young Vo rocks - basalt -trachyandesite

Sedimentary rocks

- Limestone
- Limestone (Qom Fo)...
- Limestone white or pink

5 — Profile location 1:250,000 Geological Map (Attachment-3)

17 — Profile location 1:100,000 Geological Map (Attachment-3)

Source: Iran Geological Service

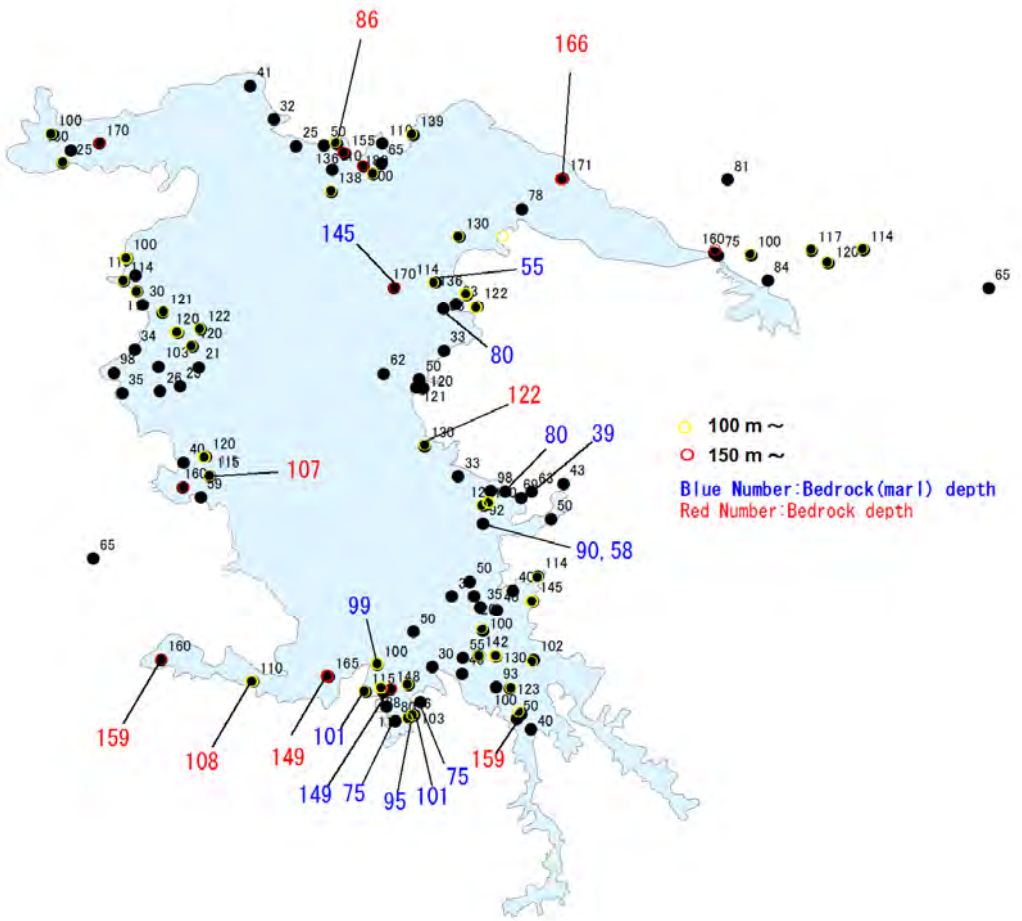
図 4.6.1　　地質図

(3) 井戸の位置図

地質学的記録のある井戸を図 4.6.2 に整理した。数値は、各井戸の掘削深さを示す。図 4.6.2 は、第三紀層と古い岩からなる岩盤の掘削深度と表面深度を示す。基盤岩の表面深さは、泥灰土などの岩石タイプによって分類される。よく浸透した泥灰は南東部に分布し、水深は 50～100 m。泥のない岩盤を貫いた井戸はオルミエ市以外の全域に分布し、水深は 100～170 m である。

各エリアの最大掘削深さは以下の通り。

- Tabriz 市とその西部: 155～210 m
- Urmia 市とその北部: 120～170 m
- 南部エリア： 160 m



Note: Summarized by the Survey Team using existing well data

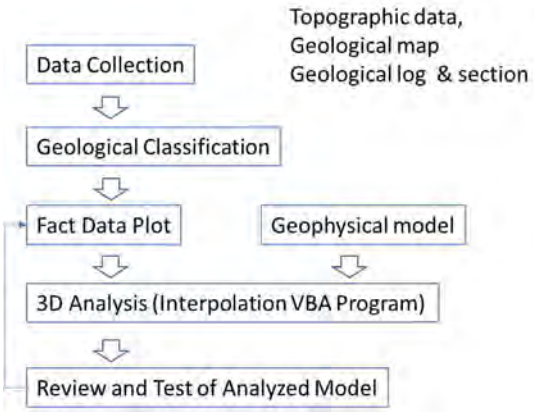
図 4.6.2 井戸深さおよび井戸の分布図

4.6.2 地質モデリング

(1) 手順

地質モデル作成の流れを図 4.6.3 に示した。地質データは、ULRP および前回調査結果から収集された。これらに基づき、調査チームの支援のもと、地質モデルに使用される地質の分類は ULRP によって開発され、この分類に基づいて、井戸地点での地層の分布と地質断面が「ファクトデータ」として設定された。

第二に、地質学的および地球物理学的考察による境界条件を設定した。ここでは、これらの境界条件データを「ファクトデータ」ともいう。「ファクトデータ」に基づき、補間プログラムを使用して 3 次元分布モデルが構築された。

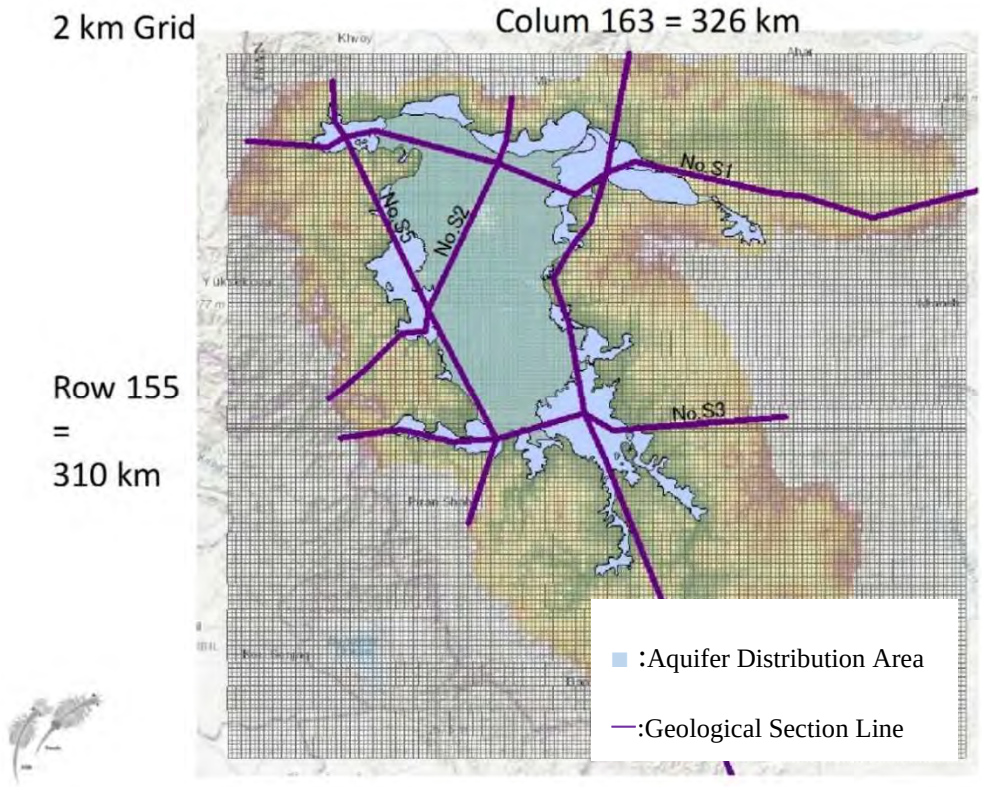


Source: the Survey Team

図 4.6.3　モデリングの実施手順

(2) 3 次元地質モデル

地質モデルは GIS で作成した。この範囲は、ULRP によって提供される帯水層の分布範囲を含むように設定された。地質モデルには、水循環モデルと同じ 2 km のグリッドを設定した。なお、3 次元地質モデルの詳細については、5 章に詳述した。



Note: Summarized using ULRP aquifer data by the Survey Team

図 4.6.4　　帯水層の分布と地質モデルの設定範囲

(3)　地質分類

前回調査の地質分析では、図 4.6.5 に示すような地質分類を使用している。

1-岩　盤：主に第三紀、第四紀の岩、主に前カンブリア紀、古生代、および中生代

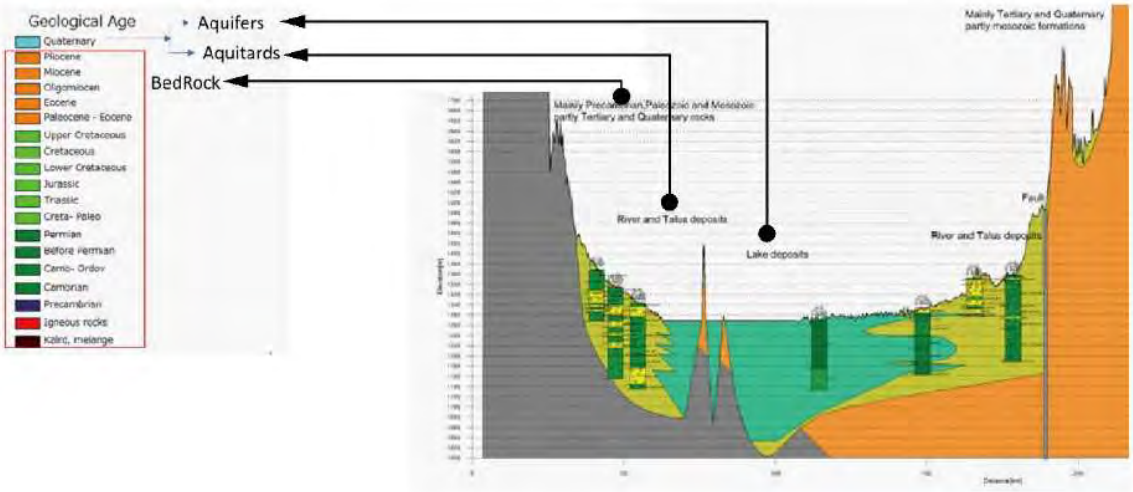
2-帯水層：川と崖錐堆積物、そして

3-半帯水層：湖の堆積物から構成される。

収集した井戸データのサンプルを図 4.6.6 に示す。井戸のデータでは、層の分類は土壌タイプのみに基づいていたため、抜粋された層を帯水層、半帯水層、岩盤に分類することができる。さらに分類が必要な場合は、追加のデータが要求される。

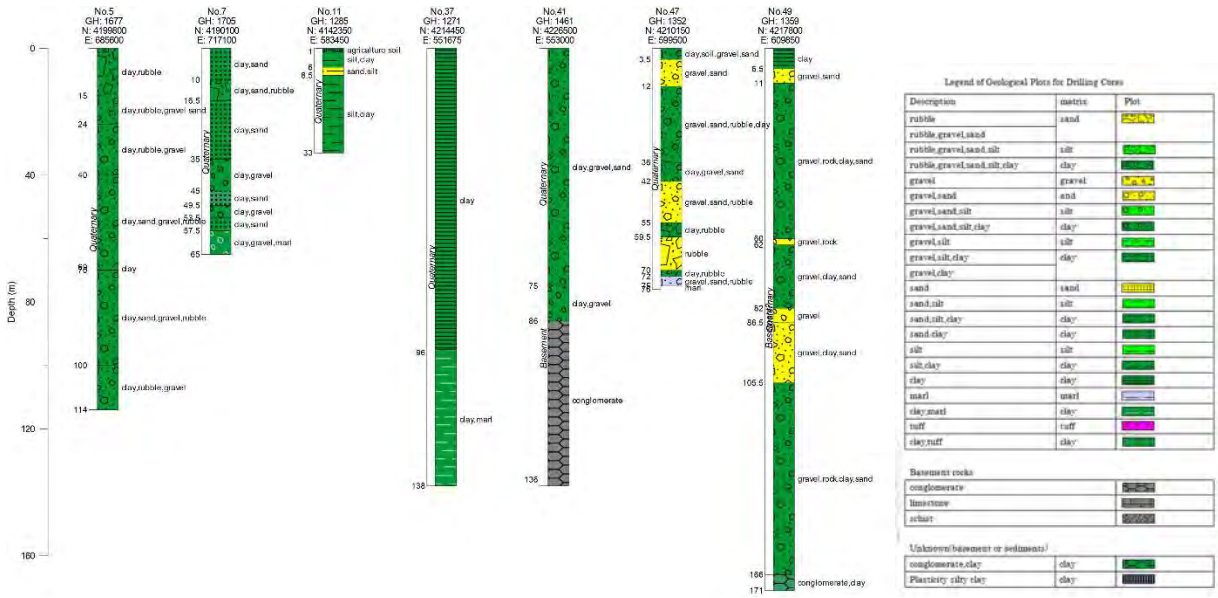
IWRM Co.の地下水分析レポート(Groundwater Studies of Shabestar-Sofian Plain, Report Code: AZP/8-1 June 2012）によると、図 4.6.7 に示すように、層は帯水層、湖の堆積物、粘土と泥灰土、トラバーチンの 4 つの単位に分類される。つまり粘土と泥灰土、トラバーチンが岩盤に統合できると解釈できる。したがって、この本調査での分類は、帯水層、半帯水層（湖の堆積物）、岩盤の 3 つのユニットで構成することとした。

既存データのこれらの分類によれば、帯水層、半帯水層、および岩盤の分類を使用して、地下水分析の地質モデルを開発することは妥当である。一方で、収集可能なデータからさらに詳細な分類を行うことは困難を極める。



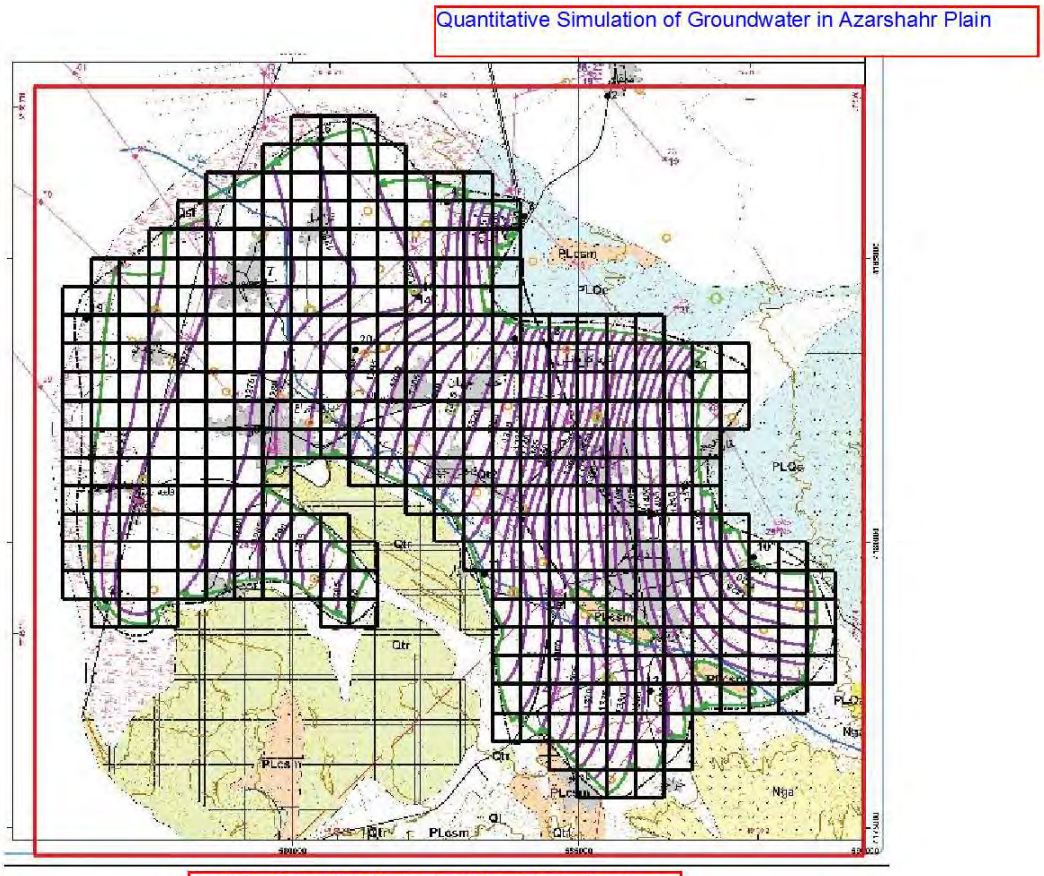
Source: the previous survey

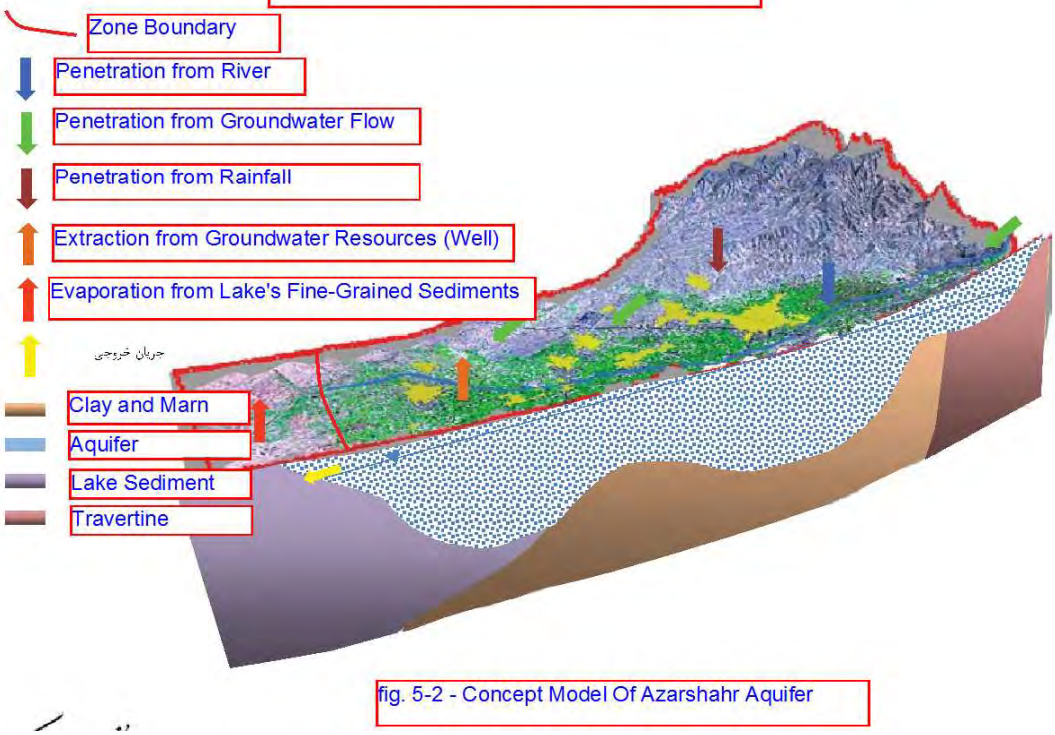
図 4.6.5　　地質区分と分類



Source: The previous suvey

図 4.6.6　地質柱状図のサンプル





Source: Azarshahr-Report-kammi (Groundwater Studies of Shabestar-Sofian Plain, Report Code: AZP/8-1 June 2012), translation by JICA study team

図 4.6.7　　アザーシャー地域の地下水分析地域とその地質モデル（参考）

4.6.3　地下水位

西アゼルバイジャン州の水道局によって観測された Miandoab 平野の 219 ポイントにおける地下水頭の時系列データ（2010～2016 年）は、ULRP によって提供された。これらの井戸のうち、64 個の井戸にはストレーナーの深さ情報が含まれており、この位置図を図 4.6.8 に示した。図 4.6.9 は、10 年間の地下水頭の時系列変動を示している。河川沿いのピエゾメーター観測井（例：218）は、地下水位の低減傾向が確認できる。これは、河床からの浸透によって地下水位が低下することに起因していると推察される。

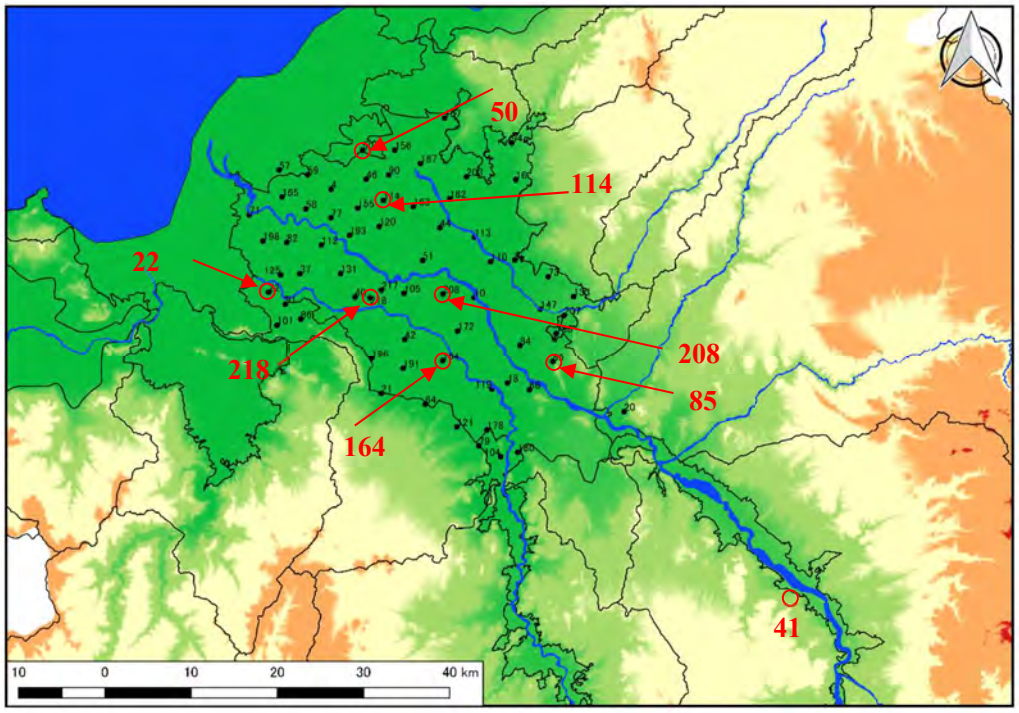


図 4.6.8　　ピエゾメータ位置図

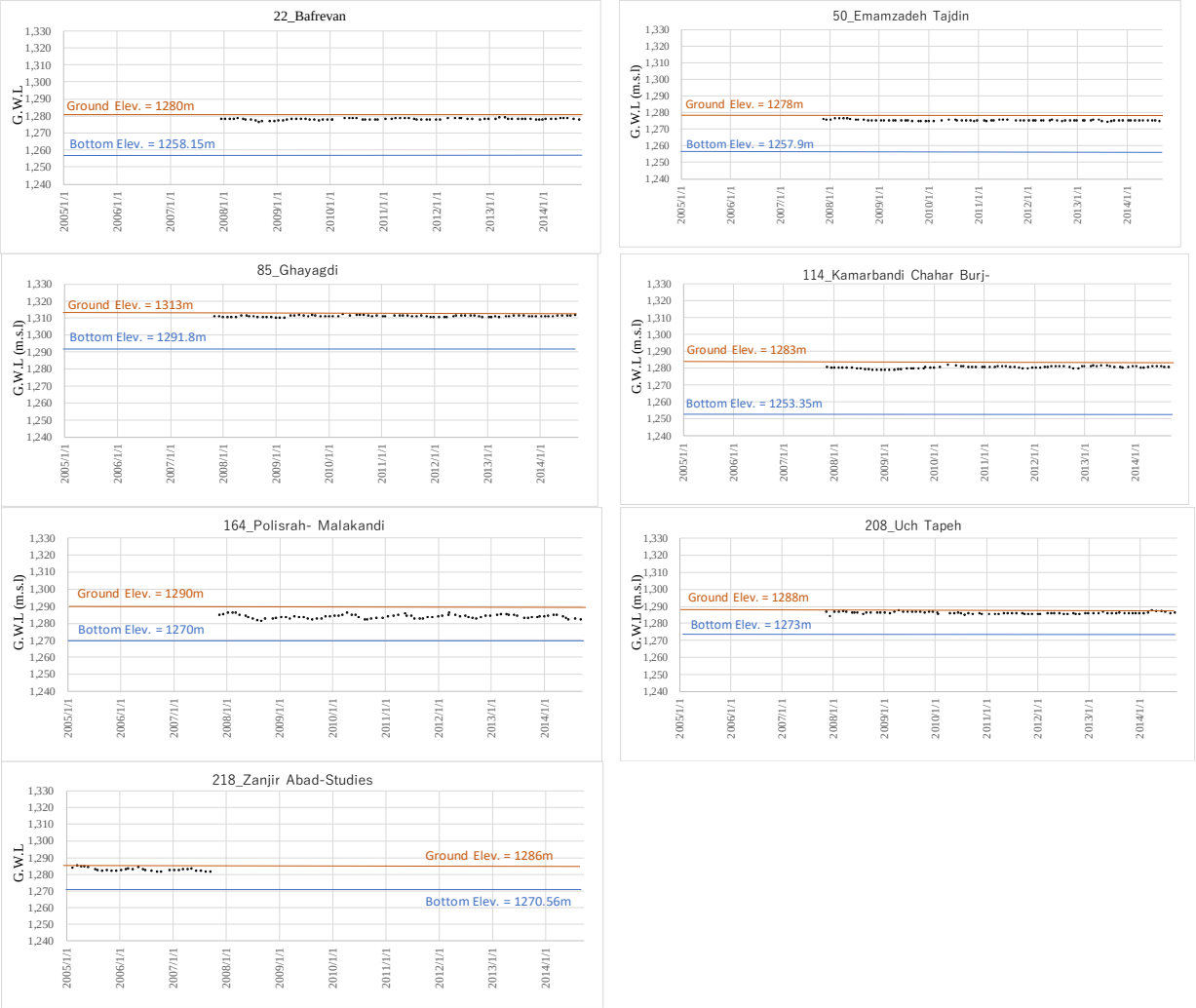


図 4.6.9　　Miandab 地域における地下水頭の経年変化図

4.7　水利用施設

4.7.1　ダムと堰

図 4.7.1 と図 4.7.2 は、ダムと堰の分布とそれらの位置図を示す。また、表 4.7.1 は、オルミエ湖流域の南部における代表的なダムと堰の水配分計画を示す。

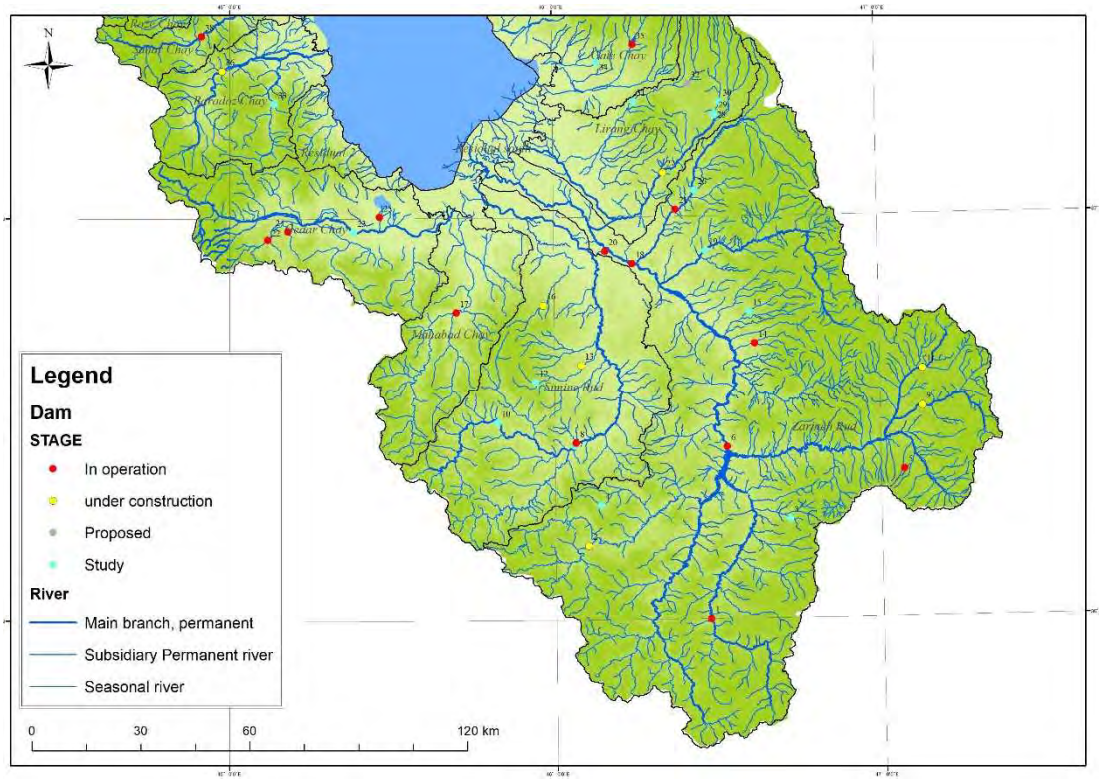


図 4.7.1　　オルミエ湖流域におけるダムおよび堰の位置図

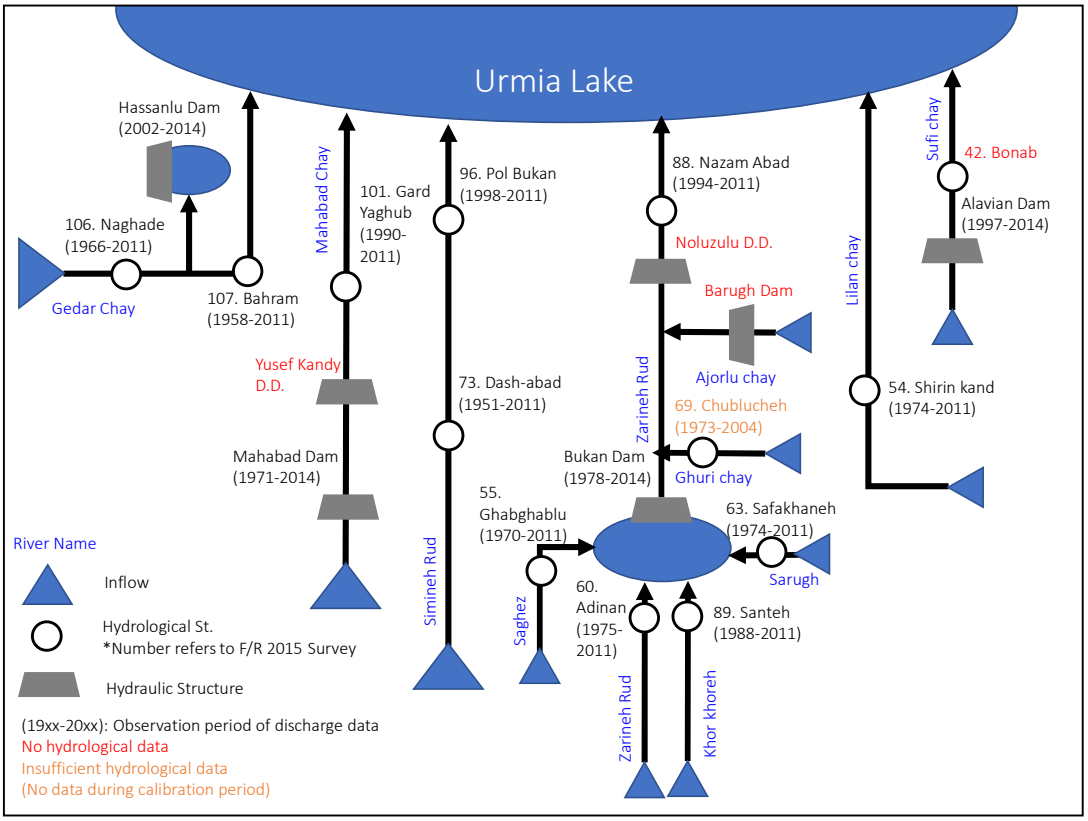
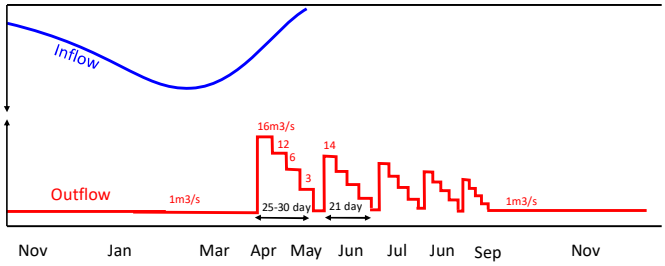
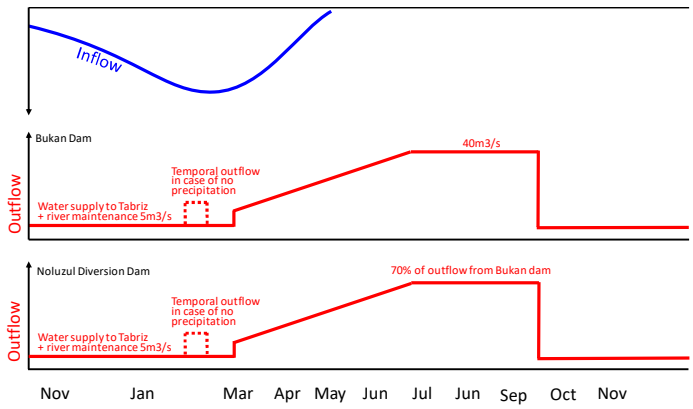


図 4.7.2　　南部流域における代表的なダムと堰の模式図

表 4.7.1　南部流域における水利用計画

Basin	Facility	Status	Description
Gadar	Chapar Abad Dam	Under construction	V=46MCM, CA=361km^2 Inflow=116MCM (28MCM from Khari Rush River and 88MCM from Lavine Chay via transboundary channel) **WAP:** 14.5MCM (12.5%) for drinking water 4MCM (3.5%) for agriculture 5MCM (4.5%) for environmental flow remained 87MCM (75%) for discharge to UL
	Hasanlu Dam	In operation	V=94MCM, CA=Approx. 0km^2 Inflow=94MCM via diversion channel on Gadar Chay **WAP:** 95% for agriculture (5,300ha) 2-3 % for industry remained for environmental flow *Agricultural water use in this year is 65MCM due to policy on reduction of agricultural water use 8%/year up to 40%
Mahabad	Mahabad Dam	In operation	V=197MCM, CA=806km^2 Inflow=140MCM **WAP:** 95MCM for agriculture (net 18,200ha) 36MCM for drinking water (18MCM for one year x2) remained for environmental flow *During Oct-Mar, 1m^3/s of discharge is secured for drinking, industry and evaporation *Annual operation pattern 
	Yusef Kandy Diversion Dam (Mahabad Irrigation Network)	In operation	Inflow=95MCM+α in 2017 **WAP:** 95MCM (100%) for agriculture (actual: 12,000ha, planned: 17,000ha), main crops are: apple (38%), wheat (11%), sugar beet (10%) and sapling (9%). 45MCM for left irrigation network (5,800ha), 50MCM for right (6,200ha) remained for discharge to UL (based on request from DOE) *Change in agricultural water use -before 2012: 146.5MCM 2013: 139MCM 2014: 113MCM 2015: 106MCM 2016: 95MCM

Basin	Facility	Status	Description
Zarine Rud	Bukan Dam	In operation	V=486MCM, CA=6,890km^2 Inflow=1.1BCM (plan:1.7BCM) 55% from Zarine, 10-15% from Sarugh, Saghes from 20-25% and 10% from Khor khoreh **WAP:** 200MCM for storage 700-900MCM for discharge -500MCM for Noruzlu D.D. (for agriculture) -157MCM for Drinking for Tabriz -186MCM for agriculture upstream of Noruzlu D.D. -Remained for UL *As of 21st Aug, 40m^3/s was discharged *85-90MCM is pumped up from dam lake (incl. drinking, agriculture and 60% for illegal uptake) *In 2016, 700MCM was discharged for UL
	Noruzlu Diversion Dam	In operation	Inflow (outflow from Bukan Dam) = 700-900MCM -500MCM for Noruzlu D.D. (for agriculture) 45% for left irrigated area, 55% for right 5m^3/s of constant flow for Urmia Lake restoration -157MCM for Drinking for Tabriz 
	Traditional channel b/w Bukan and Noruzlu D.D.	In operation	Command area: -Sedar (588ha) -Aghtappeh (337.5ha) -Dasheskan (108ha) -Hajiabad (600ha) -Gojali (400ha) -Aghchelu (107ha) *In Sedar, 8-10MCM with 3.5m^3/s of water intake Water is distributed 20 days in a month b/w Apr and Sept
Saghez (Sub-river of Zarine Rud)	Cheraghveys Dam	In operation (from March 2017)	V=85MCM (actual:91MCM), CA=365km^2 Inflow=134MCM **WAP:** 24MCM for drinking water 33MCM for agriculture (6,000ha) 29MCM for environmental flow 5MCM for industry 50MCM for discharge to Bukan Dam *Planned irrigated area is 6,000ha, 70% of progress

Basin	Facility	Status	Description
Saruq (Sub-river of Zarine Rud)	Saruq	In operation (from 2016)	V=51MCM, CA=332km^2 Inflow=31MCM (In study 70MCM of inflow was estimated but actual inflow is less because of less precipitation) **WAP:** 3.5MCM for drinking water (after 25yr will be 7MCM) 12MCM (in 2016) for inflow to Bukan Dam (27MCM in 2017) *Potential irrigated area: 1,250ha

*V: Storage Volume, CA: Catchment Area, WAP: Water Allocation Plan

4.7.2 井戸

オルミエ湖流域では、井戸は東と西のアゼルバイジャン州の WMC によって管理されている。井戸の利用者は定期的に水利用の許可を得ることとなっている。図 4.7.3 は年間許容取水量の変化を示し、図 4.7.4 は許可取水量の目的別割合を示す。また、図 4.6.5 は現状の井戸の空間分布を示す。すでに約 89,000 の井戸が建設されており、そのうち 1,600 MCM の取水が主に農業用水に使用されている（90%）。井戸は平野部に高密度で分布している。

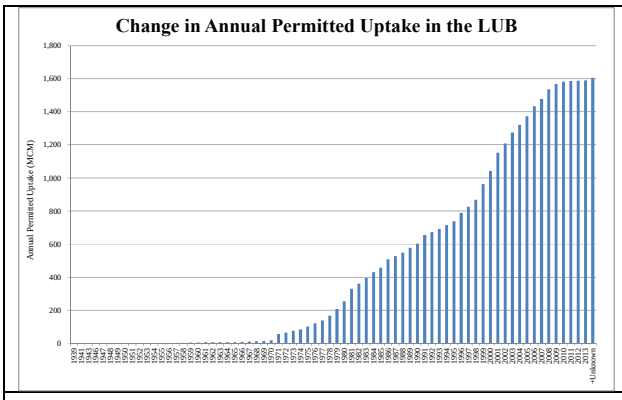


図 4.7.3　オルミエ湖流域における許可取水量の経年変化

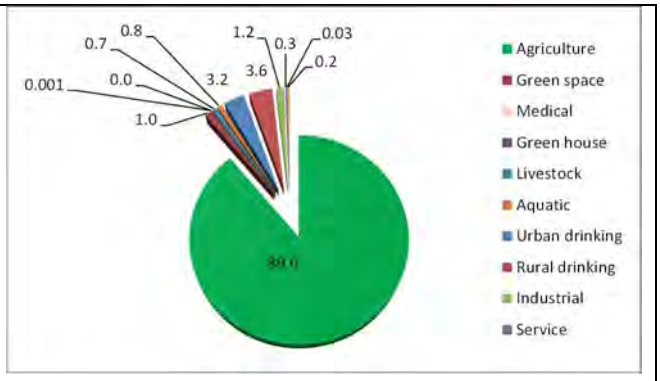


図 4.7.4　許可取水量の使用目的別の割合

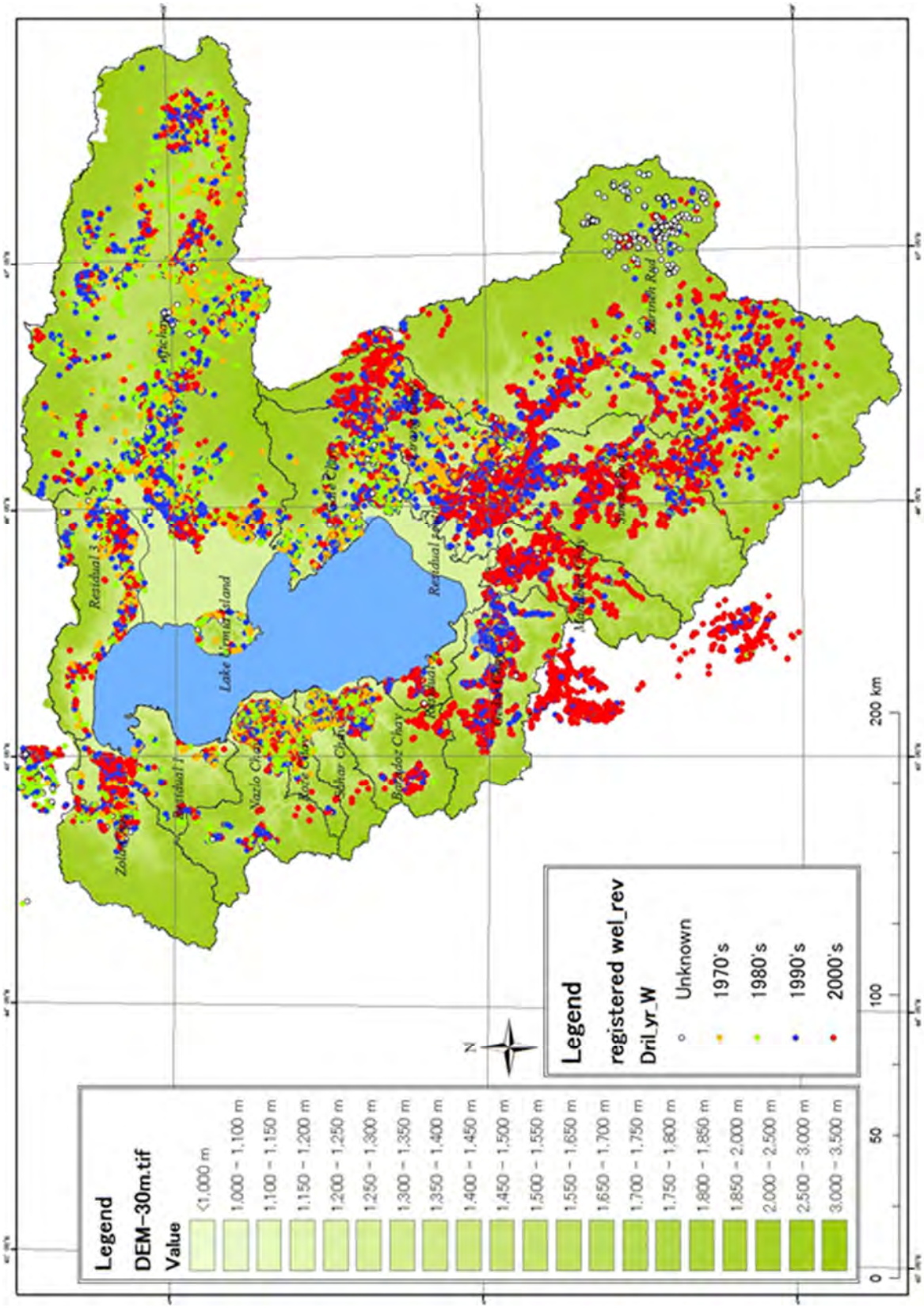
*Prepared by the Survey Team based on data from IWRM Co.

表 4.7.2　許可取水量の使用目的別の割合（流域別）

Unit: MCM

	Agriculture	Green space	Medical	Green house	Livestock	Aquatic	Urban drinking	Rural drinking	Industrial	Service	Packed water	Other	Total
Ajichay	300.3	14.1	0.0	0.1	3.1	0.6	33.5	22.5	8.0	2.2	0.0	1.5	386.0
Baradoz Chay	63.4	0.0	0.0	0.0	0.9	4.9	0.0	1.2	4.3	0.1	0.0	0.1	74.9
Gale Chay	112.9	1.1	0.0	0.0	1.6	1.0	2.9	3.9	1.3	0.4	0.0	0.1	125.2
Gedar Chay	103.4	0.1	0.0	0.1	0.3	1.1	0.1	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	107.1
Lake Urmia Island	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
Lirang Chay	83.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.8	1.9	0.4	0.2	0.0	0.1	87.7
Mahabad Chay	16.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	17.5
Nazlo Chay	86.7	0.0	0.0	0.0	0.5	1.2	0.2	0.7	0.4	0.0	0.0	0.1	89.8
Residual 1	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.2	33.4
Residual 2	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9
Residual 3	79.0	0.4	0.0	0.0	0.6	0.2	3.8	4.2	1.0	0.2	0.0	0.3	89.7
Residual south	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Roze Chay	27.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	28.6
Sahar Chay	18.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	1.3	0.2	0.0	0.0	0.1	20.8
Simine Rud	230.0	0.3	0.0	0.1	1.2	0.0	2.1	6.7	2.0	0.5	0.3	0.2	243.4
Zarineh Rud	129.2	0.5	0.0	0.2	2.1	2.6	4.2	5.3	1.0	0.9	0.2	0.5	146.9
Zola Chay	129.7	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	2.7	6.0	0.4	0.0	0.0	0.3	139.4
Total	1,425.6	16.8	0.0	0.6	11.2	12.3	50.6	57.3	19.6	4.5	0.5	3.6	1,602.5
Percentage	89.0	1.0	0.001	0.0	0.7	0.8	3.2	3.6	1.2	0.3	0.03	0.2	100.0

*Prepared by the Survey Team based on data from WMC



*Prepared by JS based on data provided from WMC

図 4.7.5　許可井戸の空間分布図

4.7.3 その他の取水関連施設

その他の取水関連施設に関する情報は ULRP から提供された。表 4.7.3 および図 4.7.6 に概要および位置図を示す。

表 4.7.3 ULRP から提供されたその他の取水関連施設の情報

	File Name	Translated	Time Series	Available information
1	Abband	Waterway	2007-2010	Not to be applied (Detailed channel is not modeled)
2	Anhar1	Creek	2008-2010	Not to be applied (Creek is not modeled)
3	Motorpomp	Motor pump	2009	Orchard-Area/Irrigation method (TBC) To be referred but lack of amount
4	Qanat	Qanat	2008-2013 (gap time in 2011,2012)	Not to be applied (Qanat is not modeled)
5	Spring	Spring	2001, 2002, 2008, 2009, 2010, 2011	Not to be applied (Spring is not modeled)
6	Operation hours and discharge	Operation hours and discharge	-	Operation hour and discharge (TBC) These data seem to be that of pump.

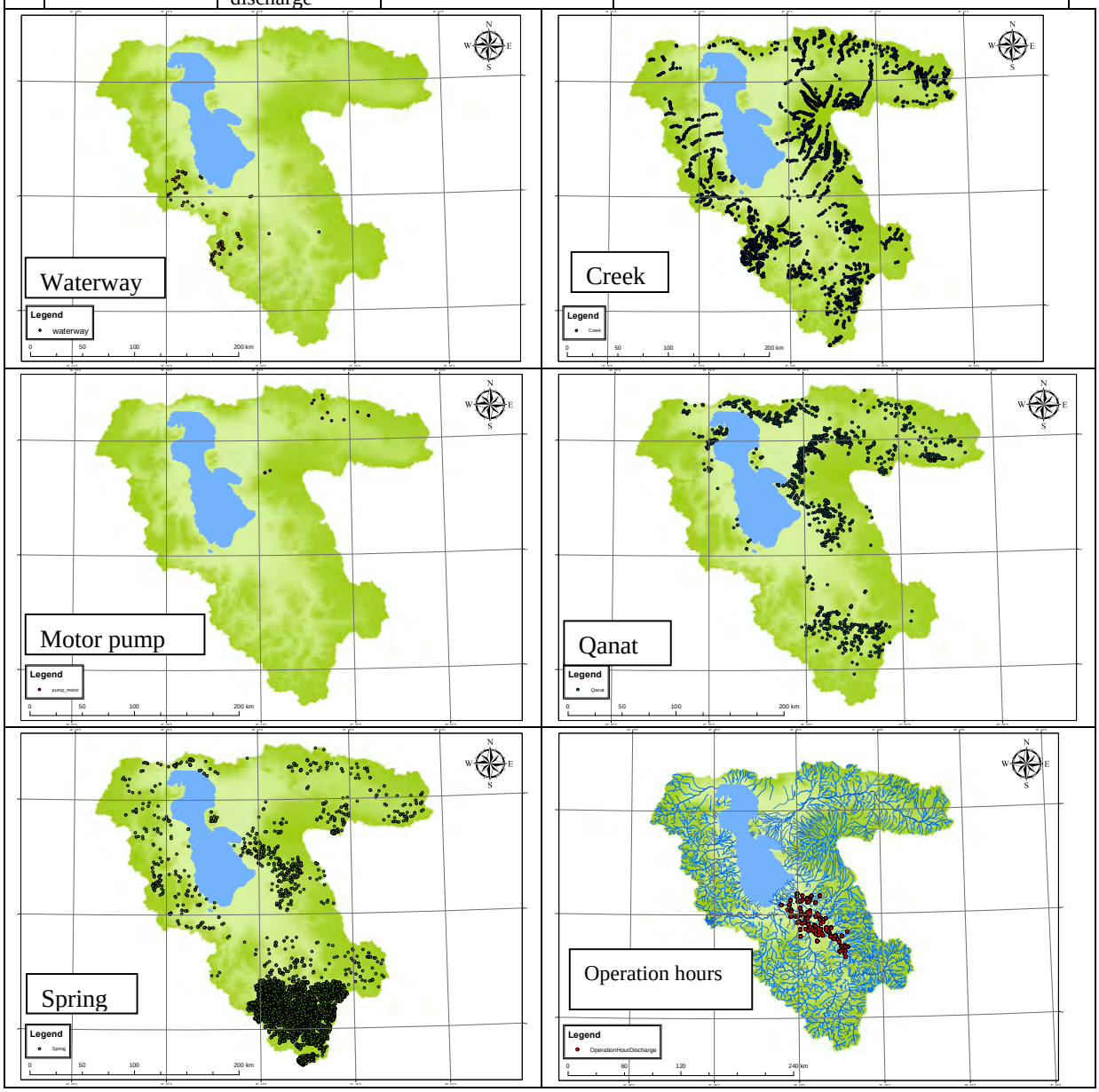


図 4.7.6 ULRP から提供されたその他の取水施設の位置図