

平成 22 年度  
大規模駐留軍用地跡地等利用推進費

平成 22 年度  
宜野湾市自然環境調査  
報告書

平成 23 年 3 月

宜野湾市



## 目 次

第 1 章 業務概要	1
1. 業務の目的	1
2. 業務の内容	1
3. 調査の実施方針	1
(1) 湧水群水質調査	1
(2) 洞穴内水質・底質等概査	1
(3) 委員会・総括	1
4. 業務の工程	2
第 2 章 湧水群水質調査	3
1. 調査場所	3
2. 調査時期	3
3. 調査方法	3
4. 調査結果	8
(1) 調査結果概要	8
(2) 考察	17
第 3 章 洞穴内水質・底質等概査	23
1. 調査場所	23
2. 調査時期	23
3. 調査方法	24
4. 調査結果	27
(1) 調査箇所の状態	27
(2) 結果と考察	37
第 4 章 委員会及び総括	41
1. 委員会の実施	41
(1) 概要	41
(2) 平成 22 年度 宜野湾市自然環境調査検討委員会(第一回)	42
(3) 平成 22 年度 宜野湾市自然環境調査検討委員会(第二回)	46
2. 総括考察	50
(1) 湧水群水質調査	50
(2) 洞穴内水質・底質等概査	51
(3) 今後の湧水群水質評価基準と対応方針(案)について	52



# 第1章 業務概要

## 1. 業務の目的

宜野湾市では、普天間飛行場の円滑な跡地利用を推進するため、平成13年度から平成21年度にかけて宜野湾市の自然環境に関する調査を進めている。今年度においても引き続き自然環境の重要な情報の提供・共有化を進めることを目的として、基地周辺の湧水や洞穴内の水質・底質についての調査を行うものである。

## 2. 業務の内容

本業務の内容を以下に示す。

業務名称 宜野湾市自然環境調査業務委託

履行範囲 宜野湾市内一円

履行期間 平成22年9月9日～平成23年3月11日

業務項目 湧水群水質調査、洞穴内水質・底質等概査、検討委員会の開催

## 3. 調査の実施方針

### (1) 湧水群水質調査

市内に数多く分布する湧水は、石灰岩台地によって育まれる宜野湾市を代表する自然資源であるが、既成市街地や基地からの排水状況等により水質が大きく変動する。過年度までに調査を行った5地点（フルチンガー、メンダカリヒージャーガー、アラナキガー、ヒャカーガー、チュンナガー）を対象に、継続的な水質調査を実施し、地下水の水質の面から跡地利用計画に反映させるための基礎資料を収集する。

### (2) 洞穴内水質・底質等概査

市内に多く分布する洞穴は、普天間飛行場の石灰岩台地の地下に多数みられ、洞口が基地内に多いため、立入制限により洞穴内の実態把握が不十分な状況にある。しかしながら、円滑な跡地利用を実現する観点から、洞穴内における水質・底質及び動物の生息状況等については早期に把握することが求められている。そういった状況をふまえ、現在入洞可能な基地外に洞口がある洞穴において、水質底質等の現地調査を実施し、跡地利用検討に係る基礎資料を収集する。

### (3) 委員会・総括

調査手法及び結果について検討するとともに、委員より助言・指導を得ために、検討委員会（2回）を実施した。

#### 4. 業務の工程

業務項目	平成 22 年				平成 23 年		
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
計画準備	■						
湧水群水質調査		■			■	■	
洞穴内水質・底質等概査			■			■	
委員会・総括				■		■	
報告書作成					■	■	■

## 第2章 湧水群水質調査

### 1. 調査場所

宜野湾市内の石灰岩台地特有の湧水群のうち、過年度までに調査が実施されている5地点（メンダカリヒージャーガー、アラナキガー、ヒャーカーガー、フルチンガー、チュンナガー）で水質調査を実施した。調査地点の位置を図2-1に示す。

### 2. 調査時期

調査時期は、既往調査時期を参考に、履行期間の平成22年9月9日～平成23年3月11日の間で、豊水期（10月25日）、渇水期（1月14日）、平水期（2月16日）にそれぞれ1回実施した。

豊水、平水、渇水については、過去の降水量等を考慮しながら調査時期を設定し、降雨直後の調査は避けるなどの配慮をしながら調査を実施した。

過去10年及び本年度の降水量の状況を図2-2に示す。

本年度は、10月の降水量が多く、10年間の平均月間降水量の6月（346.5mm）や9月（344.8mm）を上回る368mmの降水が記録されており、豊水期の調査時期として適切であったと考えられる。一方12月、1月の降水量は平年を下回っており、1月の調査を渇水期調査とした。2月は平年よりやや多い降水量であり、平水期調査と位置づけた。

### 3. 調査方法

調査項目を以下の表に示す。

現地測定項目（流量、水温、透視度）以外の項目については採水の上室内分析を行った。採水は、表層から行った。

これまでの調査では、フルチンガーにおいて流量調査を実施していなかった（フルチンガーの採水地点は、堰のような構造により取水が行われており、正確な流量計測が困難であったため）が、本年度調査では、豊水期調査では、取水堰をオーバーフローして流れている流量（取水後流量）について計測を行い、その後の渇水期、平水期調査では、取水堰の直上流部において流量観測を実施した。ただし、「洞穴内水質・底質等概査」の際に確認した限りでは、フルチンガーの流量は採水地点よりも、上流部の方が多い印象であった。フルチンガーの流水は、調査地点手前や堰付近で伏流している可能性があるものと考えられた。

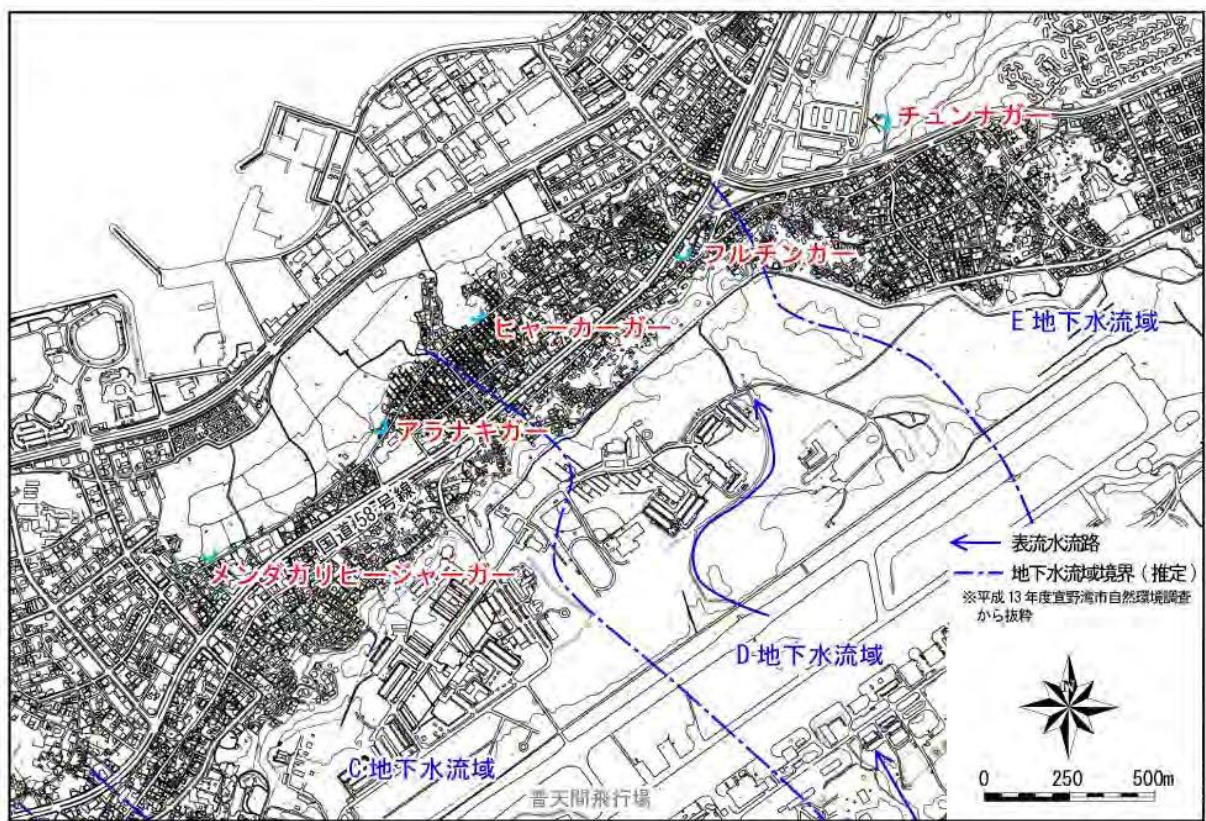


図 2-1 湧水群水質調査地点位置図



メンダカリヒーシャーガー



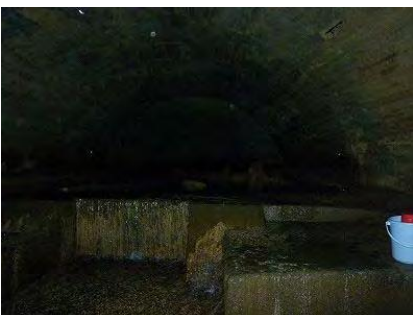
アラナキガー



ヒャーカーガー



フルチンガー入口マンホール



フルチンガー



チュンナガー



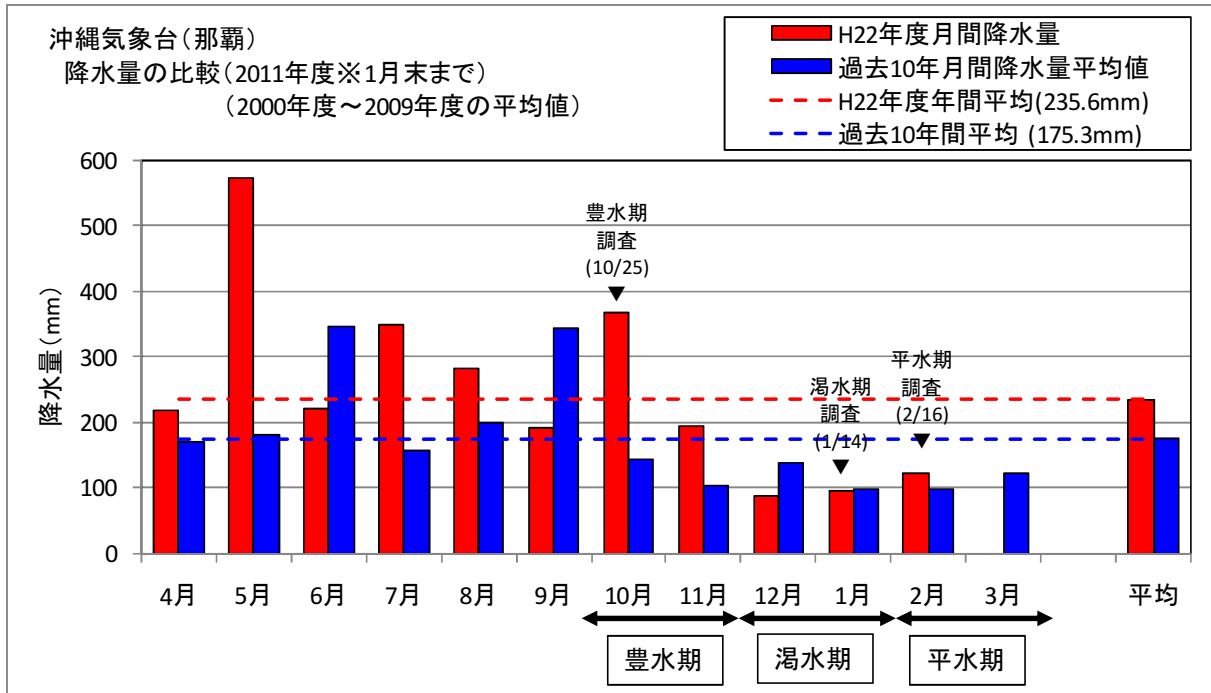


図 2-2 降水量と調査時期

表 2-1 豊水期調査実施前後の気象状況

2010年10月							
日	降水量 (mm)	天気概況		日	降水量 (mm)	天気概況	
		昼 (06:00-18:00)	夜 (18:00-翌日06:00)			昼 (06:00-18:00)	夜 (18:00-翌日06:00)
1	54.0	大雨一時晴後薄曇、雷を伴う	晴一時薄曇	17	0.0	曇後一時雨	曇後一時雨
2	0.0	晴	晴	18	17.0	曇一時雨	曇時々雨
3	14.5	晴	曇一時雨、雷を伴う	19	14.5	雨時々曇	曇時々雨
4	0.0	曇時々晴一時雨、雷を伴う	曇時々晴	20	29.5	曇時々雨	曇時々雨
5	—	晴	晴	21	38.5	曇時々大雨	曇一時雨
6	—	晴後曇	薄曇後時々晴	22	1.0	曇一時雨	晴時々曇一時雨
7	0.0	薄曇時々晴	曇	23	0.0	晴	晴
8	35.0	雨時々曇	大雨	24	—	晴	晴
9	81.0	曇時々雨、雷を伴う	晴一時曇	25	0.0	晴後一時曇	晴一時曇
10	—	曇一時晴	晴時々曇	26	0.0	曇	曇後一時雨
11	0.0	曇時々晴	曇	27	22.0	雨	雨
12	0.0	晴時々曇	晴	28	58.0	暴風雨	雨時々曇、大風を伴う
13	0.0	曇時々晴	晴時々曇一時雨、雷を伴う	29	0.0	曇後時々晴	曇一時晴
14	0.5	晴	曇時々雨一時晴、雷を伴う	30	—	曇	晴時々曇
15	2.5	曇時々雨、雷を伴う	曇後一時雨	31	0.0	晴一時雨	晴
16	0.0	曇後晴	晴				

表 2-2 渇水期調査実施前後の気象状況

2011年1月							
日	降水量 (mm)	天気概況		日	降水量 (mm)	天気概況	
		昼 (06:00-18:00)	夜 (18:00-翌日06:00)			昼 (06:00-18:00)	夜 (18:00-翌日06:00)
1	0.0	曇	曇時々雨	17	3.0	雨時々晴一時曇	晴時々曇
2	2.0	曇時々雨	曇時々雨	18	-	曇時々晴	曇後一時晴
3	4.5	曇後時々雨	曇時々雨	19	-	晴一時曇	晴後一時曇
4	0.0	曇	曇後晴	20	0.0	晴時々曇	曇一時雨
5	-	晴	曇時々晴一時雨	21	5.5	雨後時々曇	曇時々雨
6	4.0	雨時々曇	雨時々曇	22	3.5	晴時々曇一時雨	曇時々晴
7	0.0	曇時々雨	曇	23	2.5	晴後一時雨	雨時々曇
8	-	曇時々晴	曇	24	1.0	曇一時雨	曇後時々晴
9	2.5	曇後雨	曇時々雨	25	0.0	曇一時晴	曇一時晴
10	0.0	曇時々雨	曇時々雨	26	0.0	曇時々雨	曇時々雨
11	0.5	曇後時々雨	雨一時曇	27	0.5	曇時々雨	雨時々曇
12	3.5	雨後曇	曇	28	45.0	雨	雨時々曇
13	-	晴一時曇	晴	29	1.0	曇一時雨	曇時々雨
14	0.0	晴時々曇	曇時々雨	30	0.0	曇	曇時々雨
15	15.5	曇時々雨	雨時々曇	31	0.0	曇一時雨	曇一時晴
16	2.5	曇時々雨	雨時々曇一時晴				

表 2-3 平水期調査実施前後の気象状況

2011年2月							
日	降水量 (mm)	天気概況		日	降水量 (mm)	天気概況	
		昼 (06:00-18:00)	夜 (18:00-翌日06:00)			昼 (06:00-18:00)	夜 (18:00-翌日06:00)
1	-	晴時々曇	曇時々晴	15	0.5	曇	曇
2	0.0	曇時々雨	曇一時雨	16	0.0	曇時々晴	曇時々晴一時雨
3	0.0	曇後時々雨	曇時々雨	17	0.5	曇一時雨	曇後時々雨
4	36.5	曇後雨	大雨時々曇	18	0.0	曇時々雨	曇
5	19.0	曇時々雨後晴	快晴	19	0.5	曇時々雨	雨時々曇
6	-	晴	晴一時曇	20	5.0	雨一時曇	曇時々雨一時晴
7	-	晴	曇時々晴	21	0.5	晴一時雨	晴
8	0.0	晴後曇一時雨	晴	22	-	晴	快晴
9	-	快晴	晴	23	0.0	曇時々晴一時雨	曇一時雨後晴
10	3.0	曇一時晴	曇時々雨	24	-	晴	快晴
11	27.0	雨時々曇	曇時々雨	25	0.0	晴	晴後一時曇
12	0.0	曇一時雨	曇一時雨	26	3.0	晴時々曇一時雨	雨時々曇一時晴
13	0.0	曇時々晴	曇後時々雨	27	7.5	曇時々雨一時晴	曇時々雨
14	14.0	雨時々曇	雨時々曇	28	4.5	晴時々曇一時雨	曇時々晴

表 2-4 湧水群水質調査項目一覧

項目		調査項目の概要	分析方法
一般性状	濁度	水の濁りの指標。水中に土粒子や排水の流入、動植物プランクトン等が多い場合、高い値を示す。	JIS K 010 19.4 積分球式測定法
	電気伝導度	水中の無機イオンの総量を表す。下水等の流入があると大きな値を示す。	JIS K 0102 13 電気伝導計による方法
	塩素イオン	水に溶解している塩素の量を表す。下水等や海水の流入があると大きな値を示す。	上水試験方法による硝酸銀滴定法
	全硬度	水に溶解するカルシウムイオンとマグネシウムイオンの量を表す。120 以下は軟水、120 以上は硬水。	上水試験方法による滴定法
	水素イオン濃度 (pH)	水の酸性・アルカリ性を示すもので7のときは中性、これより数値の高い場合はアルカリ性、低い場合は酸性であることを示す。	JIS K 0102 12.1 ガラス電極法
	生物化学的酸素要求量 (BOD)	水中の有機物をバクテリアが分解するのに必要な酸素の量。水中の有機物が多い場合、高い値を示す。	JIS K 0102 21 一般希釈法
	浮遊懸濁物質 (SS)	水中に懸濁している不溶性の粒子状物質。粘土鉱物、動植物プランクトン、下水・工場排水等が多い場合、高い値を示す。	昭和46年環境庁告示第59号付表7に挙げる方法
	溶存酸素量 (DO)	水中に溶解している酸素の量。有機物による汚染が著しいほど低い濃度を示す。	JIS K 0102 32 ウィンクラマー・アジ化ナトリウム変法
	n-ヘキサン抽出物質	水中の油分等の量。動植物性油脂や石油石炭系の炭化水素等が多い場合、高い値を示す。	昭和46年環境庁告示第59号付表9に挙げる方法
	大腸菌群数	水中の大腸菌群(大腸菌及び大腸菌と似た性質を持つ細菌)の量。動物の糞便等の汚染がある場合、高い値を示す。	BGLB 培地法(最確数による定量法)
生活環境項目	糞便性大腸菌群数	大腸菌群の細菌の中には、動物由来のものばかりではなく、自然界由来のものも多くなることから、特に糞便汚染を評価するために実施する。	M-FC 寒天培地法
	アンモニア態窒素 (NH4-N)	無機態窒素の形態。好気的な環境では、アンモニア態窒素→亜硝酸性窒素→硝酸性窒素に変化する。嫌気的な環境では逆の反応が起こるため、アンモニア態窒素及び亜硝酸性窒素の量が増加する。このことから、水が好気的か嫌気的を判断する指標となる。	JIS K 0102 42.1 インドフェノール青吸光度法 JIS K 0102 43.1 ナフチルエチレンジアミン吸光度法
	硝酸態窒素 (NO3-N)	水中の窒素の総量。有機態窒素と無機態窒素の合計。肥料や生活排水による栄養塩類の汚染がある場合、高い値を示す。	JIS K 0102 43.2 銅・カドミウムカラム還元・ナフチルエチレンジアミン吸光度法
	全窒素 (T-N)	水中の無機態りんの大部分がこの形態の無機態りんと有機態りんは最終的にこの形態となる。	上水試験方法 総和法
栄養塩類	りん酸態りん (PO4-P)	水中のりんの総量。有機態りんと無機態りんの合計。肥料や生活排水による栄養塩類の汚染がある場合、高い値を示す。	JIS K 0102 46.1.1 モリブデン青法
	総りん (T-P)		JIS K 0102 463-1 ペルオキシ二硫酸カリウム分解法

## 4. 調査結果

### (1) 調査結果概要

#### 1) 一般性状項目

流量は、アラナキガー、ヒャーカーガー、メンダカリヒージャーガー、チュンナガーの順に多かった（フルチンガーの値は参考値）。特に、豊水期調査におけるアラナキガーの流量が多く、既往調査と比較しても最も多い流量を示した。渇水期の流量は、豊水期流量の35～40%程度であった。

何れの地点・調査期でも臭気は確認されず、透視度も50cm以上であった。

水温は、フルチンガーを除く4地点においては概ね23～25℃で推移した。フルチンガーでは、既往調査結果と同じく、渇水期（冬季）の調査で水温の低下が確認された。

昨年度調査でそれ以前の調査よりもやや高い値を示していた電気伝導度については、例年並みの値で推移した。

濁度や塩化物イオンについては、何れの調査でも低い値を示した。既往調査でやや高い値を示すことのあったフルチンガーの濁度についても本年度調査では下限値付近の値であった。

全硬度については、豊水期にフルチンガーを除く4地点で値の低下が見られたが、それ以降の調査では例年と同程度まで回復している。

#### 2) 生活環境項目

pHについては、既往調査と同様にフルチンガーでやや高いものの、7～8の間で推移している。

BODについては、既往調査を含めほとんど定量下値程度かそれ以下で推移している。

SSは、全ての地点・調査期で例年並か、例年よりも低い値を示した。

DOは、全ての地点・調査期で7以上を示した。

n-ヘキサン抽出物質については全ての地点・調査期で定量下限値以下であった。

大腸菌群数は、豊水期の調査においてチュンナガーとフルチンガーで例年よりもやや高い値で確認された。

糞便性大腸菌群数については、例年程度の確認数であった。

#### 3) 栄養塩類

アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素は、全ての調査で定量下限値以下であった。硝酸態窒素、全窒素については、既往調査同様チュンナガーで高い傾向が見られたが、これまでの調査と比較するとその差は僅かである。

りん酸態りん及び全りんについては、これまで比較的高い値で推移していたフルチンガーにおいて値の減少が見られ、逆にアラナキガーでは値の上昇が見られた。

表 2-5 湧水群水質調査結果

項目	単位	C地下水流域 (大山第1流域)						D地下水流域 (大山第2流域)						E地下水流域 (喜友名流域)						最大	最小	参考 基準
		メンダカリヒージャーガー		アラナキガー		ヒヤーカーガー		フルチンガー		フルチンガー		フルチンガー		フルチンガー		フルチンガー						
		H22.10.25 豊水期	H23.1.14 渇水期	H22.10.25 豊水期	H23.1.14 渇水期	H22.10.25 豊水期	H23.1.14 渇水期	H22.10.25 豊水期	H23.1.14 渇水期	H22.10.25 豊水期	H23.1.14 渇水期	H22.10.25 豊水期	H23.1.14 渇水期	H22.10.25 豊水期	H23.1.14 渇水期	H22.10.25 豊水期	H23.1.14 渇水期	H22.10.25 豊水期	H23.1.14 渇水期			
時間	—	15:57	11:34	12:20	17:05	12:01	11:47	15:21	12:35	12:41	13:35	9:10	9:15	14:42	10:37	13:10	—	—	—			
気温	°C	29.5	19.3	20.0	27.7	19.4	18.0	29.0	20.0	19.0	29.3	19.4	20.3	28.7	18.8	20.5	29.5	18.0	—			
水温	°C	23.9	25.0	24.0	24.0	24.0	22.4	23.6	23.8	23.0	24.6	21.8	19.8	23.2	24.0	23.0	25.0	19.8	—			
臭気	—	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	—	—	—			
流量	m <sup>3</sup> /日	1,610	624	847	5,359	1,866	2,177	3,990	1,454	1,728	2,171	1,024	2,845	968	355	224	5359	224	—			
透視度	cm	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	—			
濁度	度	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	<0.1	—			
電気伝導度	μs/cm	663	698	683	584	600	584	613	614	603	620	620	560	677	715	687	715	560	—			
塩化物イオン	mg/L	32.7	37.9	43.9	23.2	28.3	34.9	24.2	32.1	31.9	28.3	41.3	38.2	26.6	35.1	37.5	44	23	—			
全硬度	mg/L	166	255	270	167	228	248	126	237	245	235	240	220	133	265	290	290	126	—			
pH	—	7.3	7.3	7.3	7.2	7.5	7.6	7.1	7.5	7.5	7.5	7.9	7.8	7.2	7.4	7.4	7.9	7.1	6.5~8.5			
BOD	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	3以下			
SS	mg/L	0.5	<0.5	<0.5	1.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.7	0.8	1.3	1.5	<0.5	<0.5	1.7	<0.5	25以下			
DO	mg/L	7.1	8.1	8.1	7.6	7.8	7.7	7.3	8.3	8	7.5	8.7	8.8	7.8	8.2	8.4	8.8	7.1	5以上			
n-アミン抽出物質	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	—			
大腸菌群数	MPN/100mL	79	27	350	540	920	110	110	130	100	70,000	79	1,600	110,000	170	140	110,000	27	5,000以下			
糞便性大腸菌群数	個/100mL	38	4	16	82	116	24	74	72	22	186	14	72	300	140	20	300	4	1,000以下			
7-エノテラ	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	—			
亜硝酸態窒素	mg/L	0.001	<0.00	<0.00	0.001	<0.00	<0.00	0.002	<0.00	<0.00	0.003	<0.00	<0.00	0.003	<0.00	<0.00	<0.01	<0.01	合計が10以下			
硝酸態窒素	mg/L	1.47	2.52	2.85	1.69	3	2.94	1.39	2.2	2.14	1.66	2.88	3.05	2.66	3.16	4.02	4.02	1.39	10以下			
全窒素	mg/L	1.52	2.56	2.86	1.74	3.05	2.96	1.44	2.24	2.16	1.71	2.92	3.07	2.71	3.21	4.02	4.02	1.44	—			
りん酸態りん	mg/L	0.03	0.05	0.08	0.04	0.19	0.15	<0.02	0.02	0.06	0.12	0.03	0.27	0.02	0.03	0.05	0.27	0.02	—			
全りん	mg/L	0.04	0.06	0.08	0.05	0.21	0.16	0.03	0.02	0.07	0.13	0.03	0.28	0.03	0.03	0.07	0.28	0.02	—			

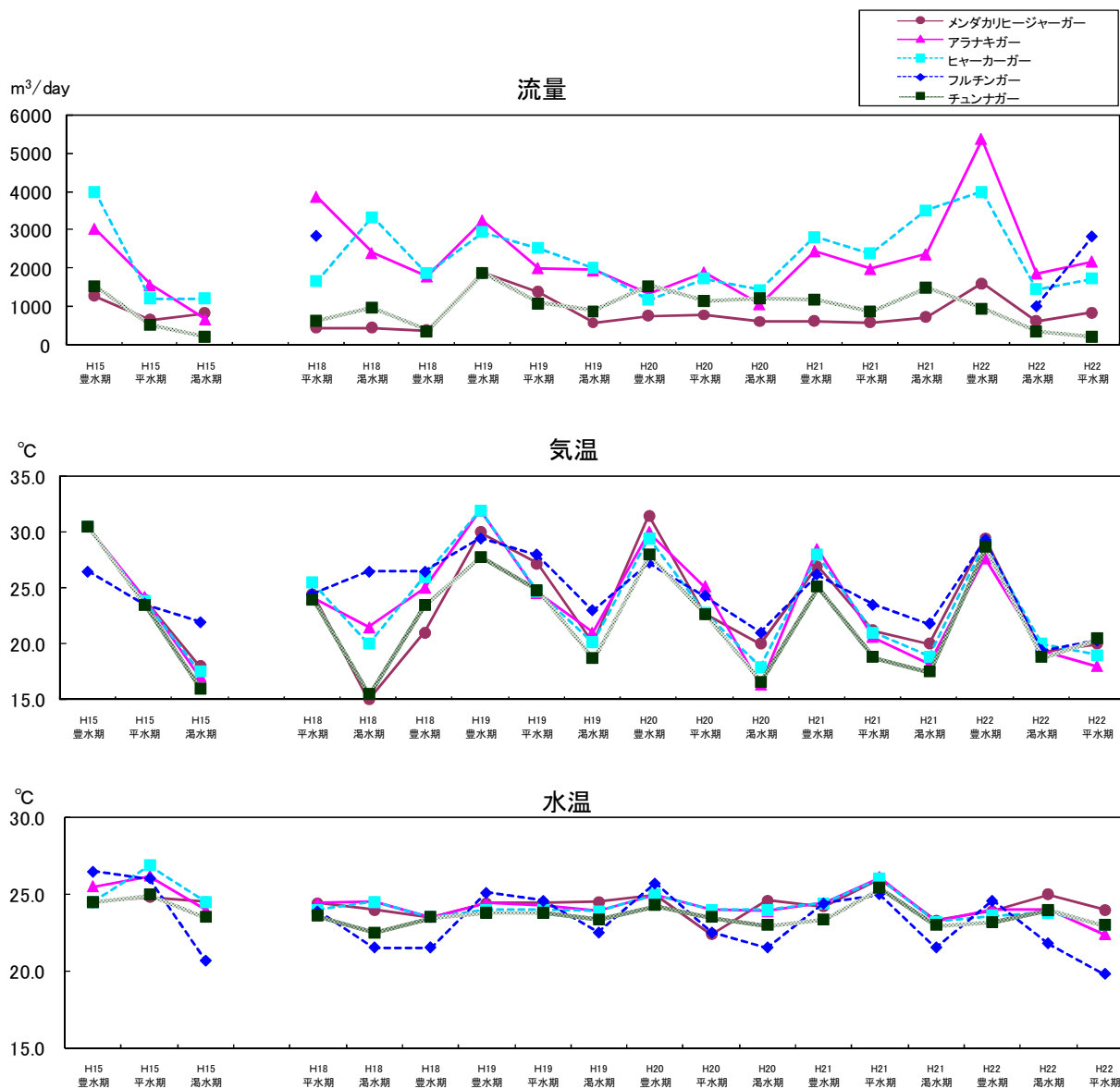
1: 豊水期調査:平成22年10月25日、渇水期調査:平成23年1月14日、平水期調査:平成23年2月16日

3: フルチンガーの流量は、豊水期調査が取水後、渇水期、平水期調査が取水前で調査を実施している。調査地点付近で伏流している可能性が示唆された。

2: 参考基準: pH、BOD、SS、DO、大腸菌群数は「水質汚濁に係る環境基準(昭和46年環境庁告示第59号)」の生活環境の保全に関する環境基準B類型(水道3級)基準

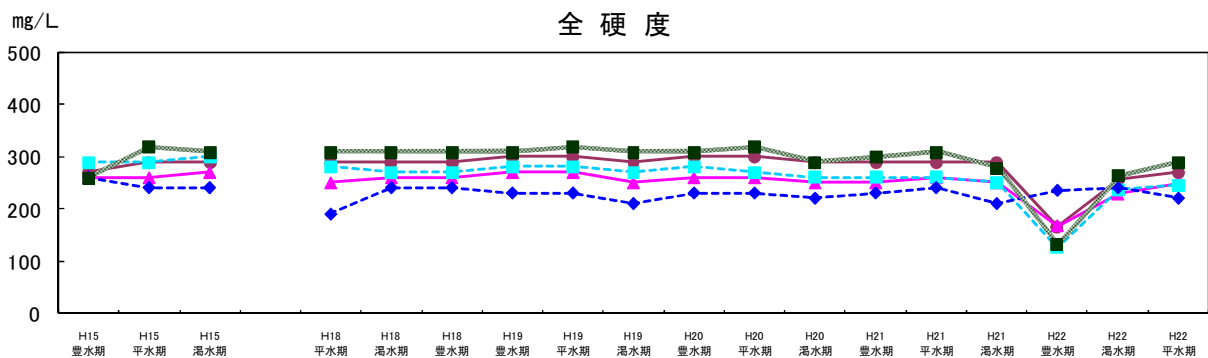
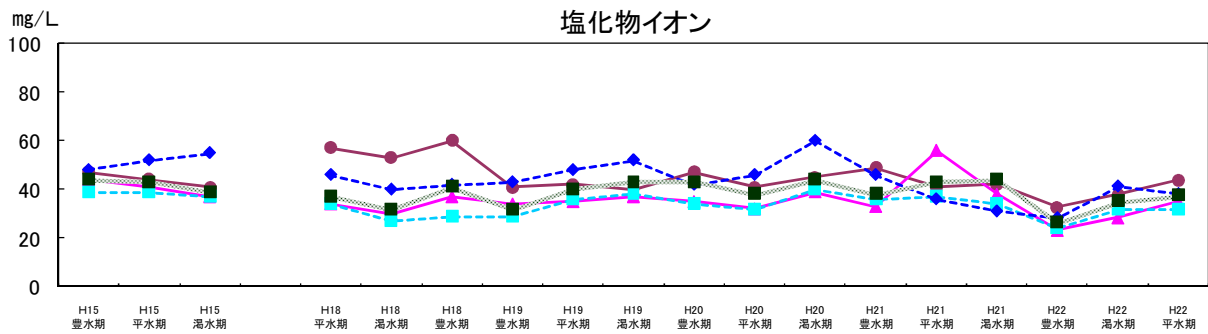
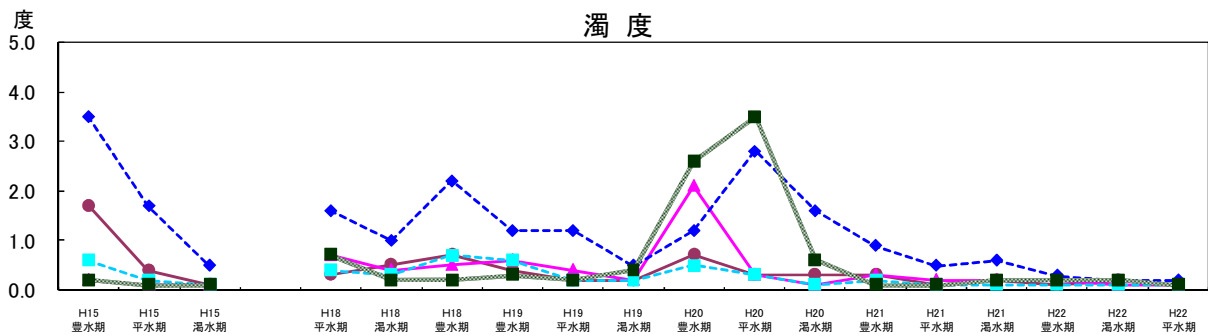
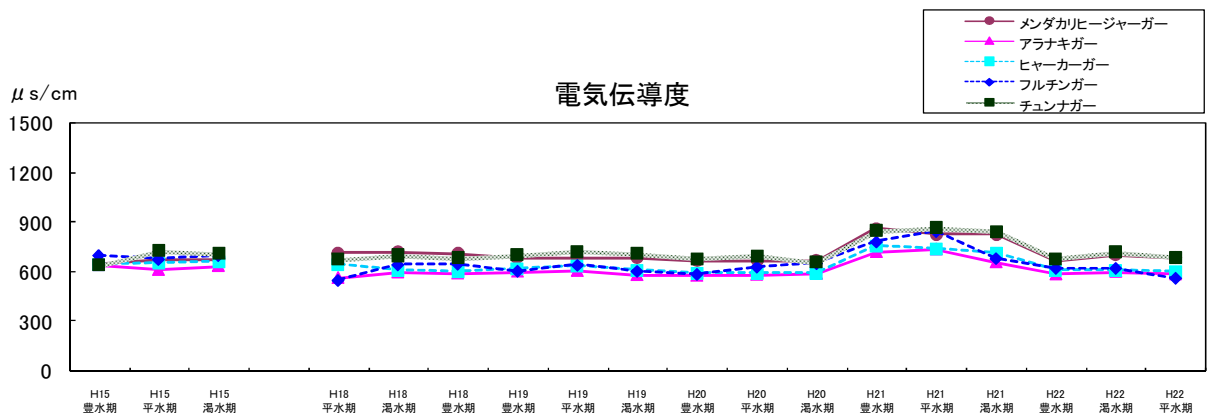
糞便性大腸菌群数は「水浴場判定基準(平成9年4月環水管第115号)」の水質C基準

硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素は「地下水の水質汚濁に係る環境基準(平成9年3月13日環境庁告示第10号)」



H15年度調査: H15豊水期: 平成15年8月9日、H15平水期: 平成15年11月26日、H15渇水期: 平成16年1月7日  
 H18年度調査: H19平水期: 平成18年11月27日、H18渇水期: 平成19年1月29日、H18豊水期: 平成19年2月26日調査  
 H19年度調査: H19豊水期: 平成19年8月23日、H19平水期: 平成19年10月24日、H19渇水期: 平成20年1月23日調査  
 H20年度調査: H20豊水期: 平成20年10月22日、H20平水期: 平成20年12月9日、H20渇水期: 平成21年1月26日調査  
 H21年度調査: H21豊水期: 平成21年10月20日、H21平水期: 平成21年12月8日、H21渇水期: 平成22年2月2日調査  
 H22年度調査: H22豊水期: 平成22年10月25日、H22渇水期: 平成23年1月14日、H22平水期: 平成23年2月16日調査

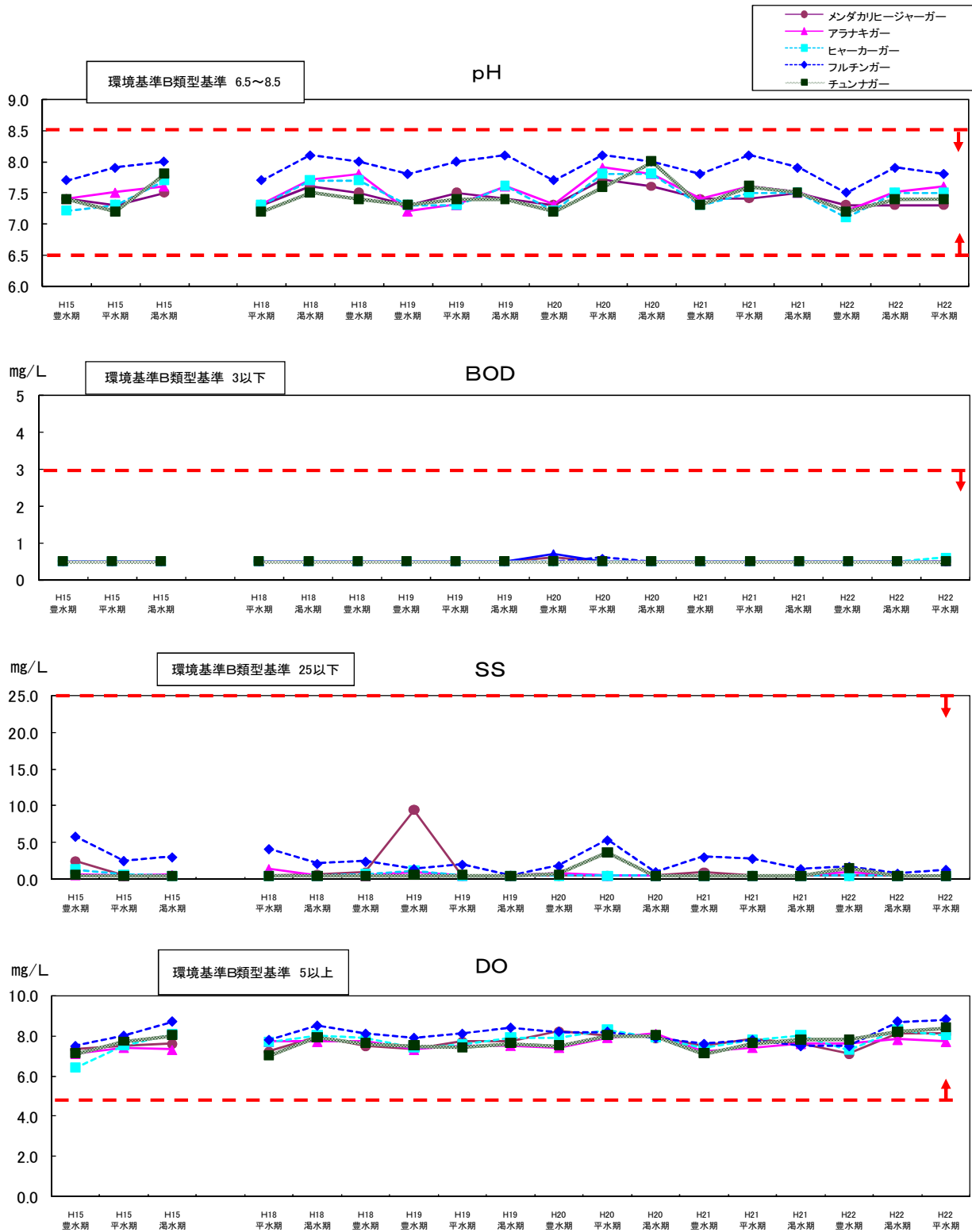
図 2-3 湧水群水質の経年変化 (一般性状)



H15年度調査: H15豊水期: 平成15年8月9日、H15平水期: 平成15年11月26日、H15濁水期: 平成16年1月7日  
H18年度調査: H19平水期: 平成18年11月27日、H18濁水期: 平成19年1月29日、H18豊水期: 平成19年2月26日調査  
H19年度調査: H19豊水期: 平成19年8月23日、H19平水期: 平成19年10月24日、H19濁水期: 平成20年1月23日調査  
H20年度調査: H20豊水期: 平成20年10月22日、H20平水期: 平成20年12月9日、H20濁水期: 平成21年1月26日調査  
H21年度調査: H21豊水期: 平成21年10月20日、H21平水期: 平成21年12月8日、H21濁水期: 平成22年2月2日調査  
H22年度調査: H22豊水期: 平成22年10月25日、H22濁水期: 平成23年1月14日、H22平水期: 平成23年2月16日調査

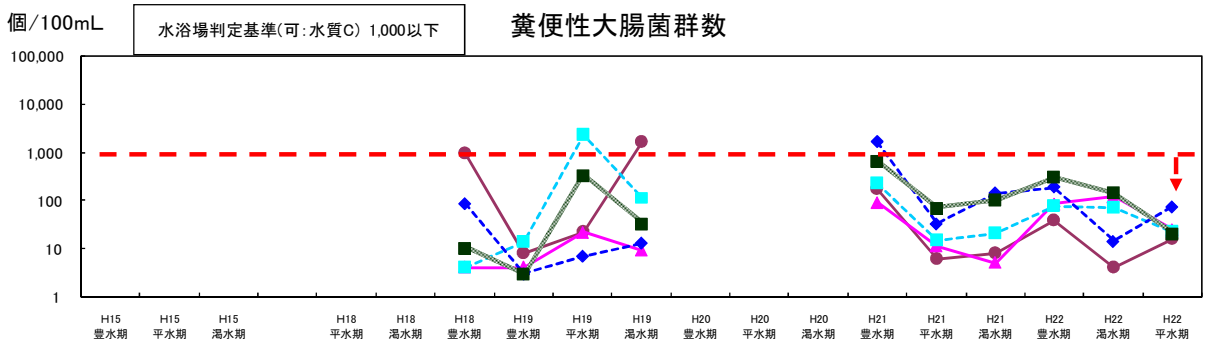
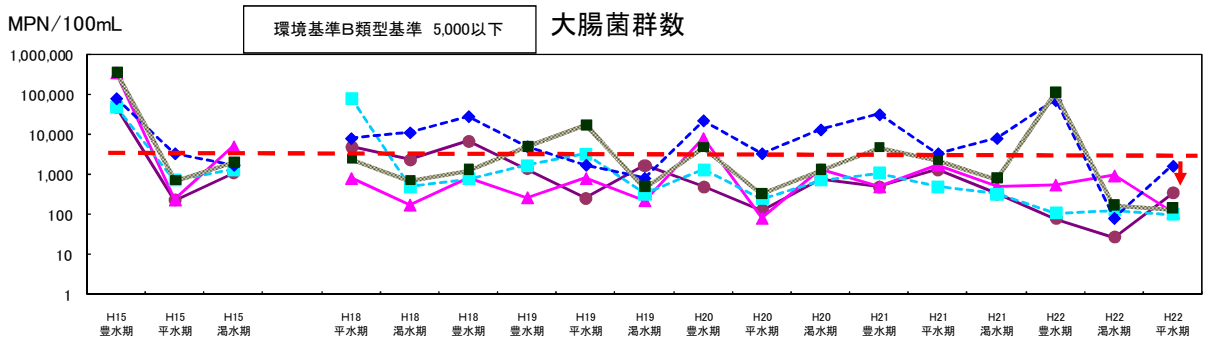
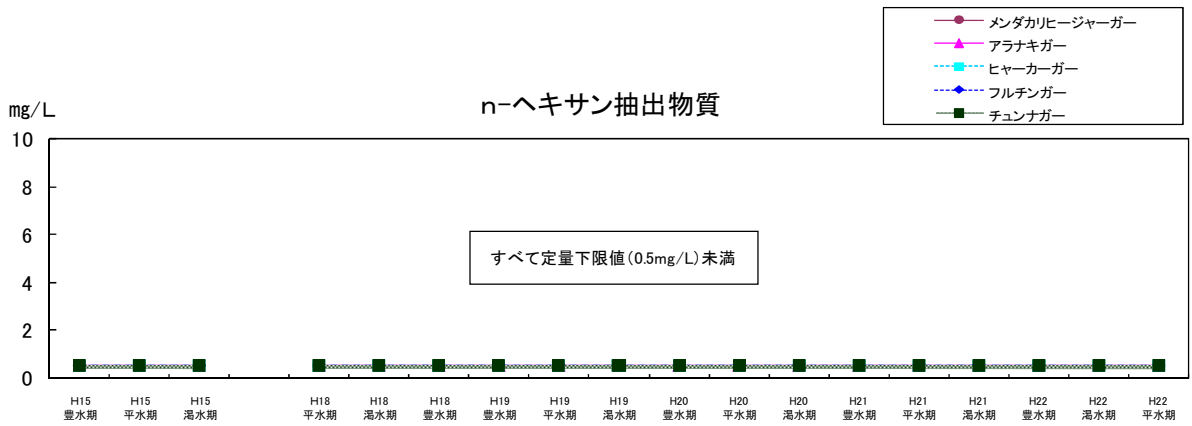
図 2-4 湧水群水質の経年変化 (一般性状)





H15年度調査: H15豊水期: 平成15年8月9日、H15平水期: 平成15年11月26日、H15濁水期: 平成16年1月7日  
H18年度調査: H19平水期: 平成18年11月27日、H18濁水期: 平成19年1月29日、H18豊水期: 平成19年2月26日調査  
H19年度調査: H19豊水期: 平成19年8月23日、H19平水期: 平成19年10月24日、H19濁水期: 平成20年1月23日調査  
H20年度調査: H20豊水期: 平成20年10月22日、H20平水期: 平成20年12月9日、H20濁水期: 平成21年1月26日調査  
H21年度調査: H21豊水期: 平成21年10月20日、H21平水期: 平成21年12月8日、H21濁水期: 平成22年2月2日調査  
H22年度調査: H22豊水期: 平成22年10月25日、H22濁水期: 平成23年1月14日、H22平水期: 平成23年2月16日調査  
環境基準B類型: 「水質汚濁に係る環境基準について(昭和46年環境庁告示第59号)」のうち、生活環境の保全に係る環境基準(河川)の水道水3級基準。水道3級基準とは、前処理等を伴う高度の浄水操作を行なうものとして位置づけられ、水道利用の基準としては最低水質の基準である。

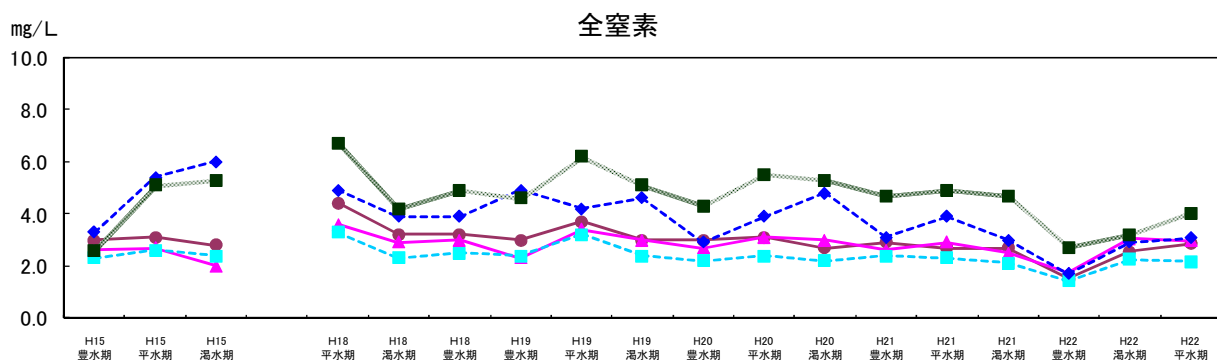
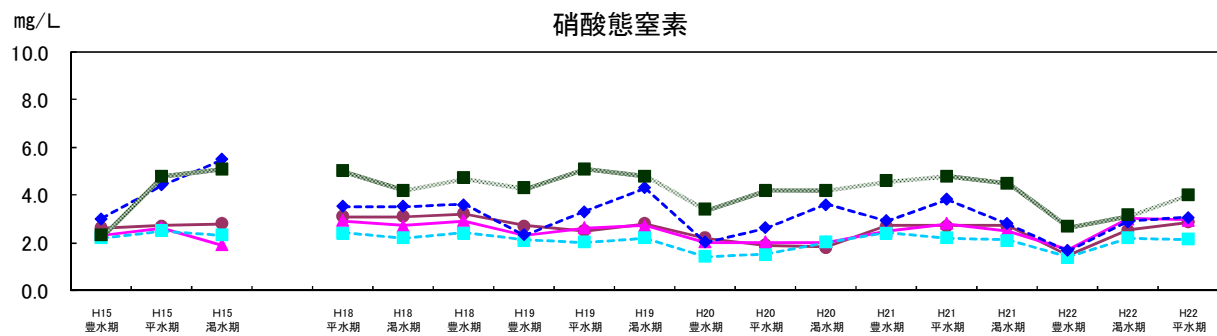
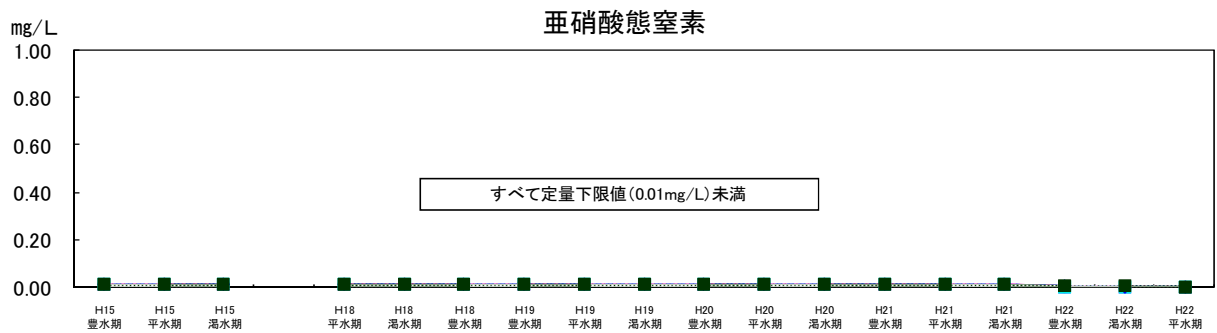
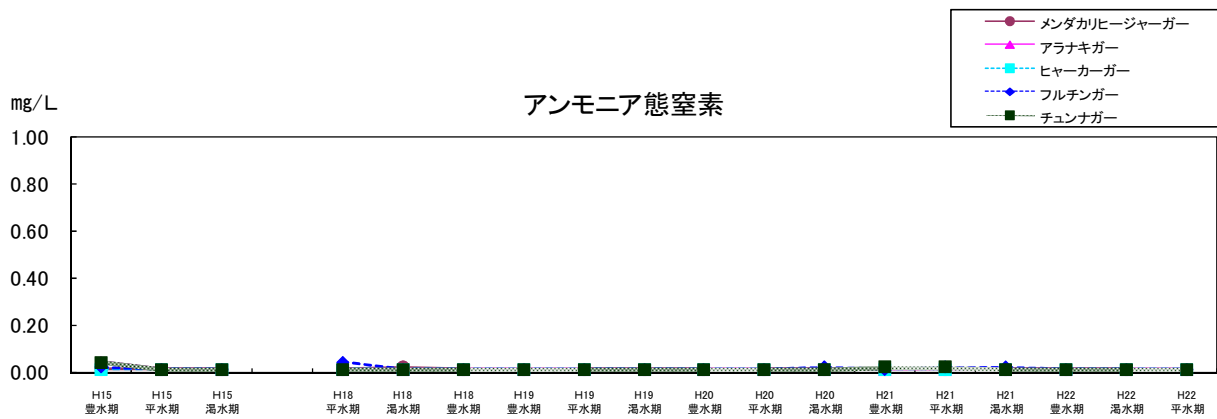
図 2-5 湧水群水質の経年変化 (生活環境項目)



H15年度調査: H15豊水期: 平成15年8月9日、H15平水期: 平成15年11月26日、H15濁水期: 平成16年1月7日  
H18年度調査: H19平水期: 平成18年11月27日、H18濁水期: 平成19年1月29日、H18豊水期: 平成19年2月26日調査  
H19年度調査: H19豊水期: 平成19年8月23日、H19平水期: 平成19年10月24日、H19濁水期: 平成20年1月23日調査  
H20年度調査: H20豊水期: 平成20年10月22日、H20平水期: 平成20年12月9日、H20濁水期: 平成21年1月26日調査  
H21年度調査: H21豊水期: 平成21年10月20日、H21平水期: 平成21年12月8日、H21濁水期: 平成22年2月2日調査  
H22年度調査: H22豊水期: 平成22年10月25日、H22濁水期: 平成23年1月14日、H22平水期: 平成23年2月16日調査

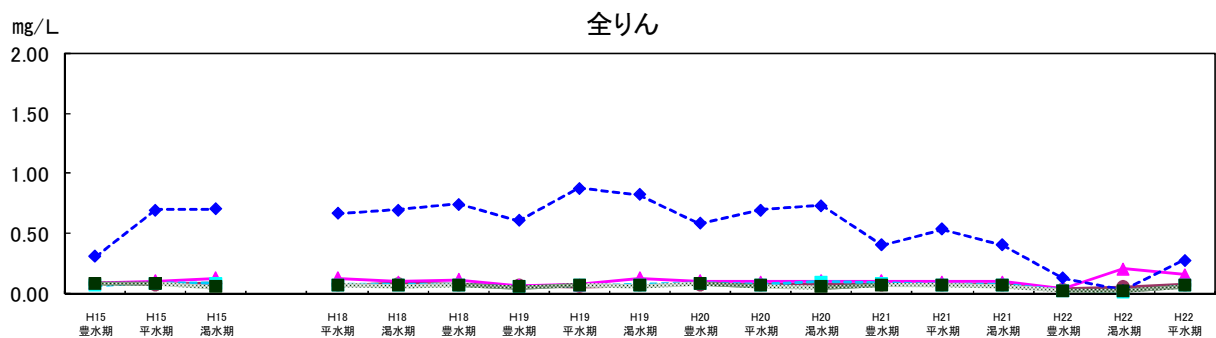
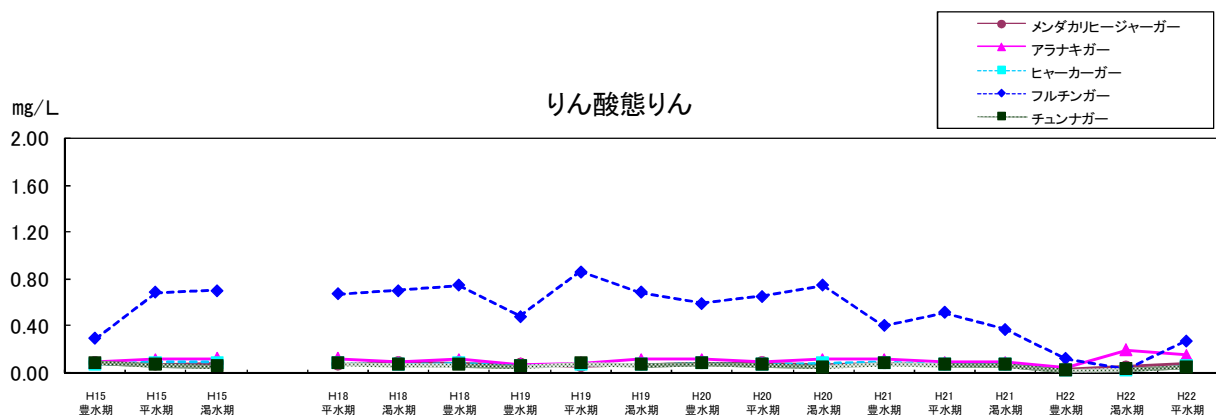
環境基準B類型: 「水質汚濁に係る環境基準について(昭和46年環境庁告示第59号)」のうち、生活環境の保全に係る環境基準(河川)の水道水3級基準。水道3級基準とは、前処理等を伴う高度の浄水操作を行なうものとして位置づけられ、水道利用の基準としては最低水質の基準である。  
水浴場判定基準(可:水質C): 水浴場判定基準(平成9年4月環水管第115号)は、快適な水浴場に求められる要件として糞便性大腸菌群数について水質AA~水質Aを適、水質B~水質Cを可、及び不可を示している。

図 2-6 湧水群水質の経年変化 (生活環境項目)



H15年度調査: H15豊水期: 平成15年8月9日、H15平水期: 平成15年11月26日、H15渇水期: 平成16年1月7日  
H18年度調査: H19平水期: 平成18年11月27日、H18渇水期: 平成19年1月29日、H18豊水期: 平成19年2月26日調査  
H19年度調査: H19豊水期: 平成19年8月23日、H19平水期: 平成19年10月24日、H19渇水期: 平成20年1月23日調査  
H20年度調査: H20豊水期: 平成20年10月22日、H20平水期: 平成20年12月9日、H20渇水期: 平成21年1月26日調査  
H21年度調査: H21豊水期: 平成21年10月20日、H21平水期: 平成21年12月8日、H21渇水期: 平成22年2月2日調査  
H22年度調査: H22豊水期: 平成22年10月25日、H22渇水期: 平成23年1月14日、H22平水期: 平成23年2月16日調査

図 2-7 湧水群水質の経年変化 (栄養塩類)



H15年度調査: H15豊水期: 平成15年8月9日、H15平水期: 平成15年11月26日、H15渇水期: 平成16年1月7日  
H18年度調査: H19平水期: 平成18年11月27日、H18渇水期: 平成19年1月29日、H18豊水期: 平成19年2月26日調査  
H19年度調査: H19豊水期: 平成19年8月23日、H19平水期: 平成19年10月24日、H19渇水期: 平成20年1月23日調査  
H20年度調査: H20豊水期: 平成20年10月22日、H20平水期: 平成20年12月9日、H20渇水期: 平成21年1月26日調査  
H21年度調査: H21豊水期: 平成21年10月20日、H21平水期: 平成21年12月8日、H21渇水期: 平成22年2月2日調査  
H22年度調査: H22豊水期: 平成22年10月25日、H22渇水期: 平成23年1月14日、H22平水期: 平成23年2月16日調査

図 2-8 湧水群水質の経年変化 (栄養塩類)

## (2) 考察

湧水の水質の現況を整理するために、これまでの業務内でも実施されてきたとおり、1) 環境基準との比較、2) 濁りの状況、3) 栄養塩類の状況の視点からとりまとめを行い、過去の調査結果を踏まえて考察を行った。また、委員会において指摘のあった4) 流出負荷量の状況についても考察を行った。

### 1) 環境基準との比較

調査結果を評価する指標として、環境基準の値との比較を行った(図 2-5～図 2-6 参照)。栄養塩類については、「地下水の水質汚濁に係る環境基準」(環境庁告示第 10 号)にある「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」の値を参考とした。生活環境項目については、本調査で対象としている湧水群は基本的に環境基準の類型指定を受けておらず、適用外であるが参考として「水質汚濁に係る環境基準」(環境庁告示第 59 号)の河川 B 類型の値(水道利用を目的とした場合の最低基準)を用いた。また、糞便性大腸菌群数については、環境省が示した「水浴場水質判定基準」の水質 C 区分(水浴が可能な水域の最低基準)を用いた。

#### ア. 生活環境項目

pH、BOD、SS、DO は、全ての調査期、調査地点で環境基準の範囲内にあり、良好な状態が維持されているものと考えられる。

大腸菌群数については、本年度調査において、豊水期調査のチュンナガーとフルチンガーで環境基準を超える値で検出された。既往調査においても、フルチンガーとチュンナガーでたびたび環境基準を越える大腸菌群数が確認されている。

既往調査の報告書にも有るとおり、調査項目としての大腸菌群数は、一般的にし尿汚染の指標と考えられているものの、糞便由来の大腸菌以外の土壌や植物表面等に存在する細菌類も含んでいることから、この結果が直ぐに糞便汚染を示すものではない。

糞便性大腸菌群数については、本年度調査において水浴場水質判定基準を超えるような高い値は示しておらず、また急激な増加なども確認されていないことから、比較的良好な状態を維持しているものと考えられる。既往調査では、糞便性大腸菌が 1000 個/100ml を超えて検出されたこともあるが、汚染原因の可能性は多岐にわたり、その特定は困難であると考えられることから、急激な値の増加等に留意しながらモニタリングを継続し、現況水質に見合った利用について検討することが必要であると考えられる。

## イ. 栄養塩類

栄養塩類（硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素）については、全ての調査期、調査地点で環境基準の範囲内にあり、良好な状態が維持されているものと考えられる。

## 2) 濁り物質の状況

濁りの指標であるSSと濁度の経年変化の状況を以下の図に示した。

SS、濁度とも近年は減少傾向にある。特に既往調査において濁度の高かったフルチンガーについては、平成20年度の調査以降減少しており、昨年度と本年度の調査では1以下で推移している。

以前の報告では、降雨との関係性について言及されていたが、近年の調査では、豊水期の調査であっても濁度の上昇は確認されていない。また、平成20年度調査で高い濁度を示していたチュンナガーについても近年は安定して低い値を示しており、変化は一時的なものであったと考えられる。

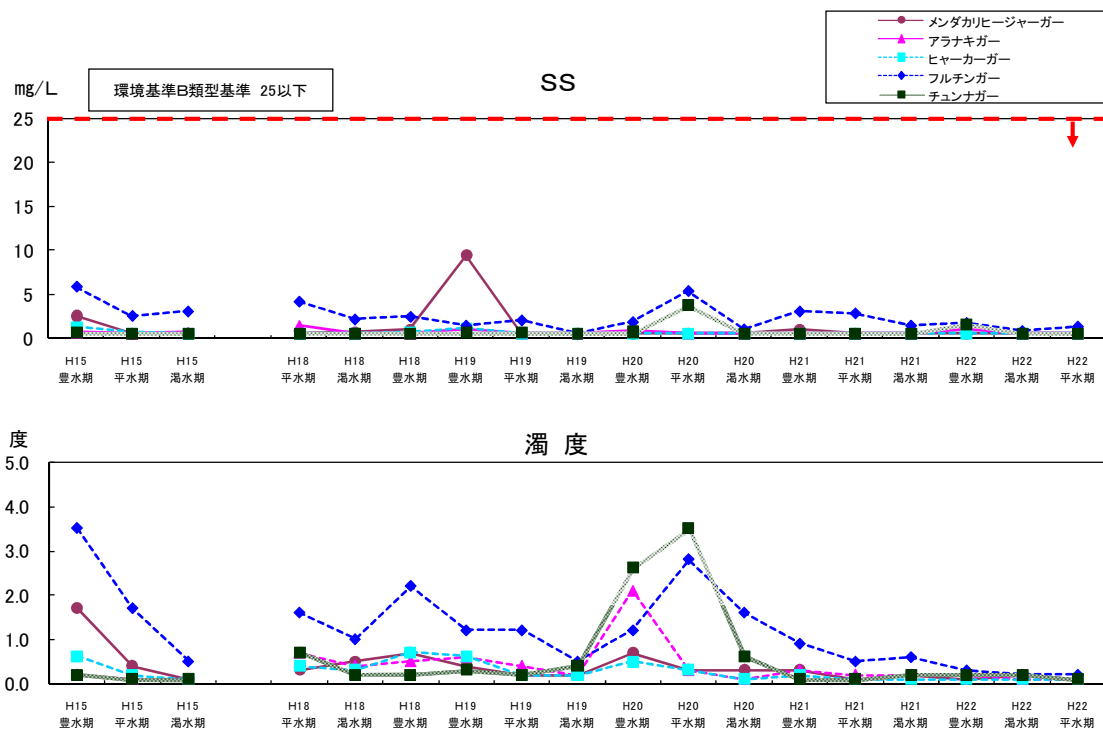


図 2-9 濁り物質の状況

### 3) 栄養塩類の状況

栄養塩類（硝酸態窒素、全窒素、りん酸態りん、全りん）の状況を図 2-10 に示した。

既往調査結果における窒素類については、全ての調査期でチュンナガーとフルチンガーがやや高い値を示す傾向がみられた。既往調査におけるりん類については、すべての調査時期でフルチンガーの値が高かった。

一方、本年度調査においては、他地点と比較してチュンナガーにおける窒素類の値が高い傾向にあるのは同じであるが、豊水時の窒素類が全体的に低下しており、渇水期の調査においても全体的に値の差が小さくなっている。りん類については、これまで高い値を示していたフルチンガーにおいて、長期的に低下している傾向が見られる。他方、アラナキガーの値に上昇が見られた。

フルチンガーは、普天間基地より上流側の住宅地を流れる河川水が、基地内で地下に流入しそれが他の地下水とともに流出しているものと考えられている。実際に、他の湧水水温が年間を通して安定しているのに対し、フルチンガーの水温は、季節的な変動が見られ、表流水の影響を受けていると考えられる。これらことから、フルチンガーの窒素類とりん類が高い値を示していたのは、上流の住宅地等からの影響を受けているためと考えられてきた。本年度窒素類に改善の傾向が見られた要因の可能性の一つとして、下水道の普及が進んだこと（宜野湾市全体の下水道普及率：平成 17 年度約 86%、平成 21 年度末約 92%（引用：宜野湾市 HP より））が考えられる。

アラナキガーにおけるりん類の上昇要因としては、耕作地等からの肥料分や生活排水等の汚染源からの流入と、水域の嫌気化による溶出が考えられる。りん類は、高い土壌吸着性から、地下水への浸透、流出は少ないとされており、可能性として考えられるのは流出地点付近からの流入である。湧出口の直ぐ横には家庭菜園程度の畑があり、こうした耕作地からの流出の可能性も否定出来ない。溶出については、市内の湧水群は好気的な地下水系であり、同時に調査した溶存酸素量も十分であったことからりん類の上昇要因とは考えにくい。地下水系の複雑さもあり、現状での要因の特定は困難であるが、現時点では問題になるほど高い値ではないことから、継続してモニタリングを行い経過の確認を行うこととする。

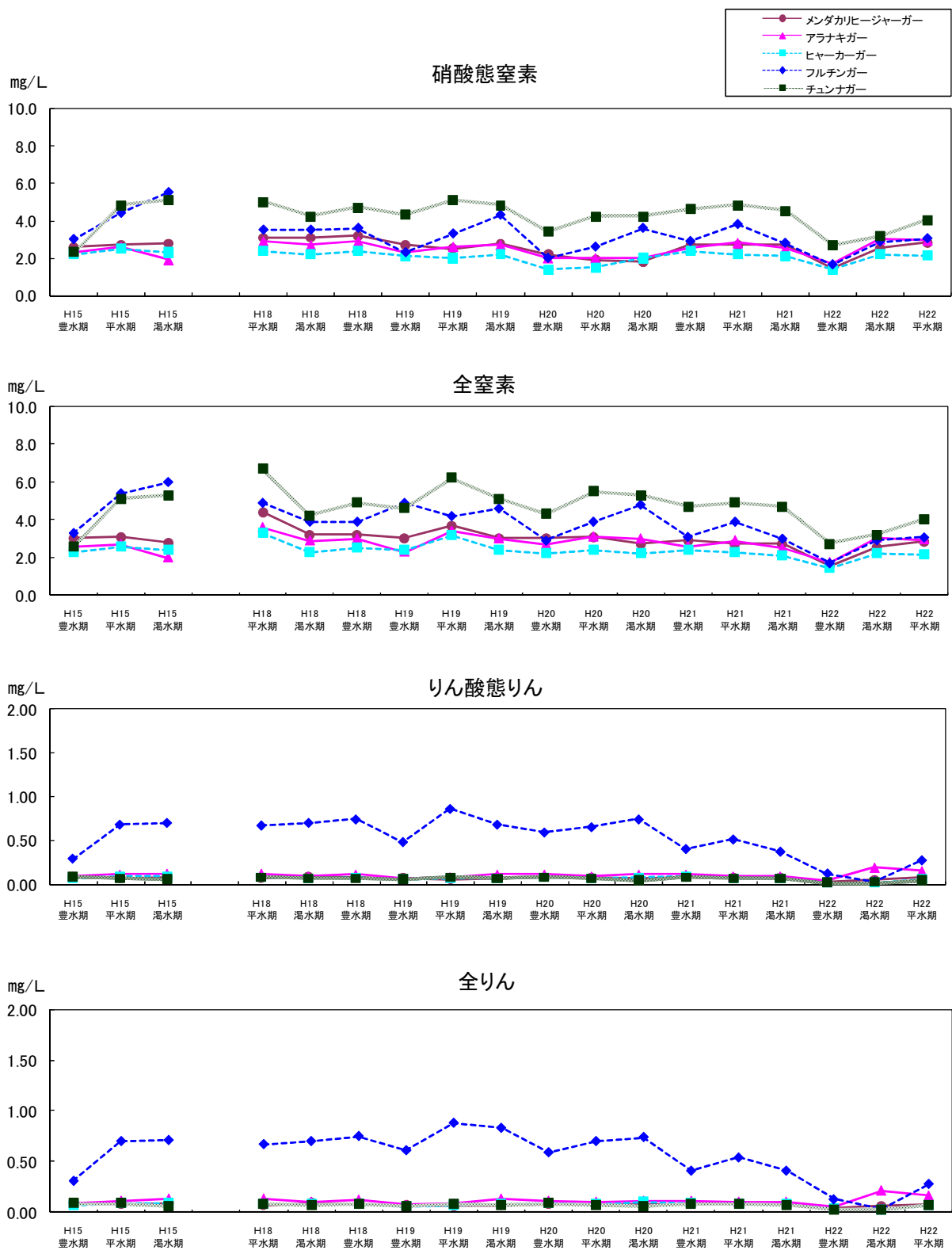


図 2-10 栄養塩類の状況



#### 4) 流出負荷量（流量と水質の関係）について

これまでの考察では、主に濃度の変化について経年的な考察を行ってきた。湧水群の流量や水質は、通常の河川と異なり、降雨の影響を直接的に受けにくい変わりに、その影響が短期～長期的な変化となって表れる。つまり、濃度の変化が、すぐにその水系の湧水水質の変化を表すものではなく、それ以前の降雨の履歴を反映している可能性も考えられる。

そこで、本年度の豊水期調査において変化の顕著であった塩化物イオンと全硬度について、流量と各水質項目の濃度を掛け合わせてえられる流出負荷量（1日に排出される負荷量）を算出し、その結果について考察を行った。

本年度豊水期の調査では、塩化物イオンや全硬度などの濃度が既往調査と比較して低い値で検出された。全硬度の変化要因については、一般的に滞留時間の変化か、短期的な降雨等による希釈によるものと考えられる。

流出負荷量から見ると値に大きな低下はなく、比較的流量が多かったアラナキガーやメンダカリヒージャーガーでは増加している。既往調査と比較しても、概ね従来の変動幅の中に含まれている。したがって、今回の変化要因については、短期的な降雨により、流出量が増加し、それによって希釈されたことで濃度に変化が見られたものと考えられた。

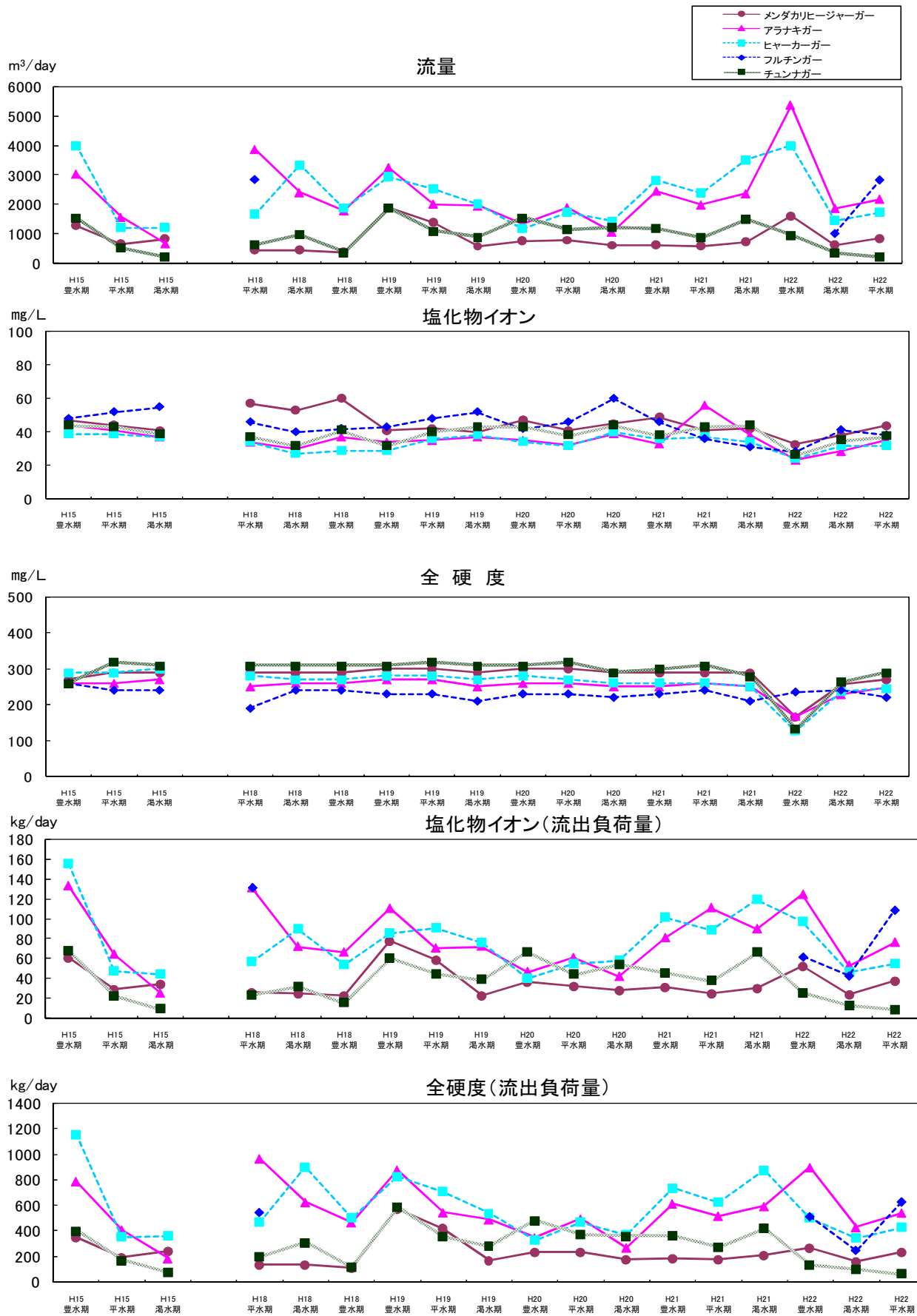


図 2-11 流量及び流出負荷量の経年変化 (塩化物イオン、全硬度)

## 第3章 洞穴内水質・底質等概査

### 1. 調査場所

普天間基地周辺に点在する洞穴において調査を行った。

調査対象とした洞穴は、以下の観点から選定を行った。

- ・洞穴については、米軍基地との関係性など、入って見ないと分からない部分も多いことから、今後の調査につなげることを意識した地点設定とする。
- ・今後の基地跡地利用に際し有用な情報が得られるよう、普天間基地に隣接するような洞穴を中心に選定する。
- ・委員会における委員の意見を参考に選定を行う。
- ・安全に入ることのできる洞穴を対象とする（事前の調査実績等を有する宜野湾市教育委員会文化課の意見を参考に選定を行う）。

上記の視点から決定した調査地点（6地点）を図3-1に示す。調査は、クマイアブ（2箇所）、佐真下のウブガー（2箇所）、カンガー（1箇所）、マヤーアブ（1箇所）、マヤーガマ（1箇所）、フルチンガー（1箇所：現湧水群水質調査地点から上流にさかのぼって実施）の計8箇所で実施した。なお、マヤーガマについては、洞内に水が存在しなかったことから水質調査は行っていない。また、マヤーガマ及びクマイアブについては、埋蔵文化財等の指定がなされており、入洞の際には宜野湾市教育委員会文化課の担当者同行の上調査を実施した。

調査地点決定の経緯については資料編に添付した。

### 2. 調査時期

調査は、下表の通り実施した。

表3-1 調査実施年月日

調査地点	調査年月日
カンガー、マヤーアブ	平成23年2月1日
クマイアブ、佐真下のウブガー、マヤーガマ	平成23年2月10日
フルチンガー	平成23年2月16日

### 3. 調査方法

調査項目を以下の表に示す。

現地測定項目（水温、透視度）以外の項目については採水・採泥の上室内分析を行った。採水は、表層から行い、採泥は、底質表層部からスコップなどで直接採取した。

また、調査時に洞穴内で生物が確認された場合には、確認位置、種名等を記録した。

なお、調査は、安全に十分配慮して実施した。既に洞穴内での調査を実施している宜野湾市教育委員会文化課の担当者にヒアリングを行うなどして、安全管理計画を作成した。安全管理計画に基づき、調査時には必ず2人以上で入洞し、洞外にも1人を配置して、入洞及び出洞の際には宜野湾市基地跡地対策課へ連絡を入れるなどの安全策をとった。また、ロープや無線機などの十分な装備で入洞した。洞内は、視界が悪く、入り組んでいるため、帰路の確保には細心の注意を払った。

安全管理計画については、資料編に添付した。

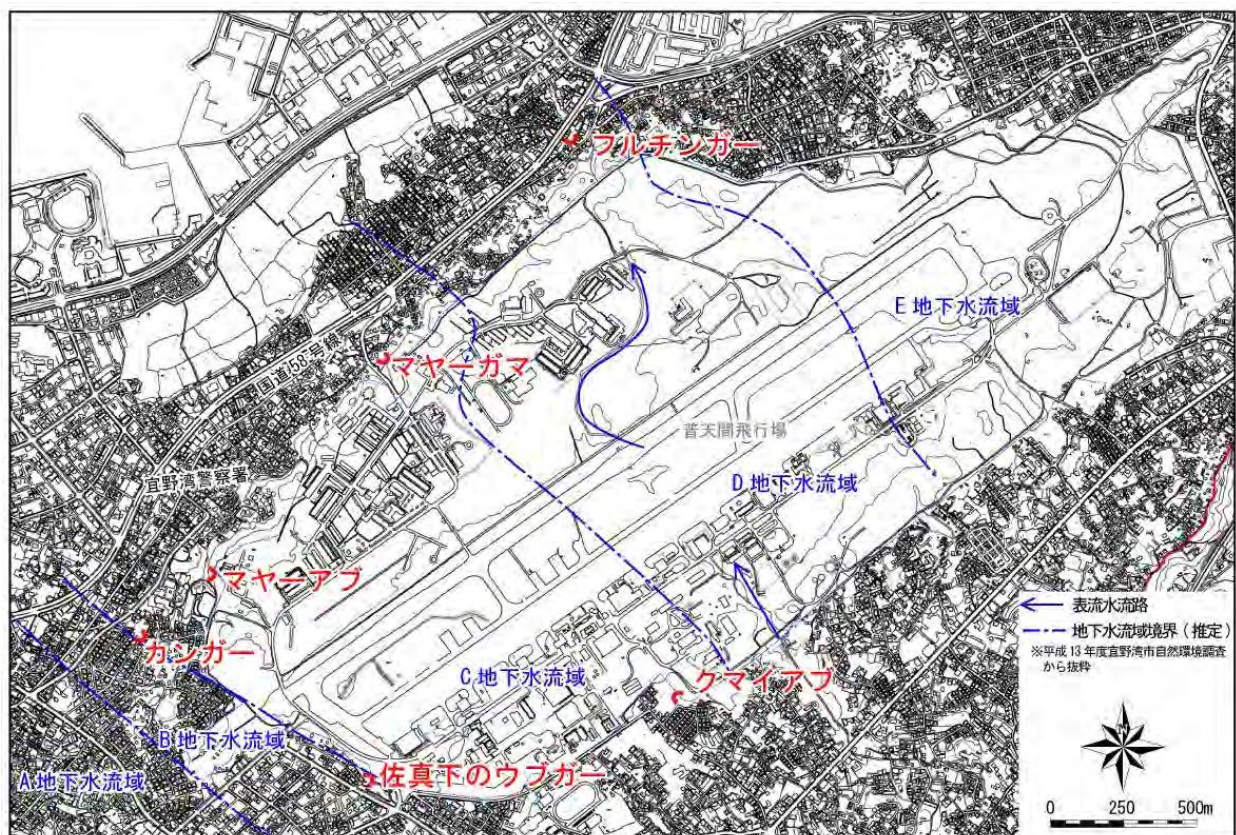


図 3-1 洞穴内水質・底質概査調査地点位置図

表 3-2 洞穴内水質・底質概査項目一覧 (1/2)

項目		調査項目の概要	分析方法
一般性状	濁度	水の濁りの指標。水中に土粒子や排水の流入、動植物プランクトン等が多い場合、高い値を示す。	JIS K 010 19.4 積分球式測定法
	電気伝導度	水中の無機イオンの総量を表す。下水等の流入があると大きな値を示す。	JIS K 0102 13 電気伝導計による方法
	塩化物イオン	水に溶解している塩素の量を表す。下水等や海水の流入があると大きな値を示す。	上水試験方法による硝酸銀滴定法
	全硬度	水に溶存するカルシウムイオンとマグネシウムイオンの量を表す。120 以下は軟水、120 以上は硬水。	上水試験方法による滴定法
	水素イオン濃度 (pH)	水の酸性・アルカリ性を示すもので7のときは中性、これより数値の高い場合はアルカリ性、低い場合は酸性であることを示す。	JIS K 0102 12.1 ガラス電極法
	生物化学的酸素要求量 (BOD)	水中の有機物をバクテリアが分解するのに必要な酸素の量。水中の有機物が多い場合、高い値を示す。	JIS K 0102 21 一般希釈法
	浮遊懸濁物質 (SS)	水中に懸濁している不溶性性の粒子状物質。粘土鉱物、動植物プランクトン、下水・工場排水等が多い場合、高い値を示す。	昭和46年環境庁告示第59号付表7に挙げる方法
	溶存酸素量 (DO)	水中に溶解している酸素の量。有機物による汚染が著しいほど低い濃度を示す。	JIS K 0102 32 ウイנקラー・アジ化ナトリウム変法
	n-ヘキサン抽出物質	水中の油分等の量。動植物性油脂や石油炭系の炭化水素等が多い場合、高い値を示す。	昭和46年環境庁告示第59号付表9に挙げる方法
	大腸菌群数	水中の大腸菌群(大腸菌及び大腸菌と似た性質を持つ細菌)の量。動物の糞便等の汚染がある場合、高い値を示す。	BGLB 培地法(最確数による定量法)
栄養塩類	糞便性大腸菌群数	大腸菌群の細菌の中には、動物由来のものばかりではなく、自然界由来のものも多くあることから、特に糞便汚染を評価するために実施する。	M-FC 寒天培地法
	アンモニア態窒素(NH4-N)	無機態窒素の形態。好気的な環境では、アンモニア態窒素→亜硝酸態窒素→硝酸態窒素に変化する。嫌気的な環境では逆の反応が起こるため、アンモニア態窒素及び亜硝酸態窒素の量が増加する。このことから、水が好気的か嫌気的を判断する指標となる。	JIS K 0102 42.1 インドフェノール青吸光度法、JIS K 0102 43.1 ナフチルエチレンジアミン吸光度法、JIS K 0102 43.2 銅・カドミウムカラム還元・ナフチルエチレンジアミン吸光度法
	総窒素(T-N)	水中の窒素の総量。有機態窒素と無機態窒素の合計。肥料や生活排水による栄養塩類の汚染がある場合、高い値を示す。	法、上水試験方法 総和法
	オルトリン(P04-P)	水中の無機態リンの大部分がこの形態となる。他の形態の無機態リンとは最終的にこの形態となる。	JIS K 0102 46.1.1 モリブデン青法
総リン(T-P)	水中のリンの総量。有機態リンと無機態リンの合計。肥料や生活排水による栄養塩類の汚染がある場合、高い値を示す。	JIS K 0102 463-1 ペルオキシニ二硫酸カリウム分解法	

表 3-3 洞穴内水質・底質概査項目一覧 (2/2)

項目		調査項目の概要	分析方法
底質	含水率	底質に含まれる水分の割合。乾燥重量に対する他の底質分析項目の含有量を調べるために求められる。	底質調査方法-Ⅱ. 4. 1 (平成 13 年版)
	水素イオン濃度 (pH)	底質 (地下水などの底に溜まった泥など) の酸性・アルカリ性を示すもので7のときは中性、これより数値の高い場合はアルカリ性、低い場合は酸性であることを示す。	農芸化学実験書 1. 4. 2. 12. 1 ガラス電極法
	化学的酸素要求量 (CODsed)	底質中の有機物を化学薬品で分解するのに必要な酸素の量。水中の有機物が多い場合、高い値を示す。	底質調査方法-Ⅱ. 4. 4 (平成 13 年版)
	硫化物	硫黄と金属等との化合物の総称。底質中の有機物の分解によって酸素が消費され、還元状態になると、硫酸塩還元菌などによって硫化水素が発生し、底泥中の重金属と化合して硫化物が発生する。悪臭の発生原因や魚介類の生息に影響を及ぼす。	底質調査方法-Ⅱ. 4. 3 (平成 13 年版)
	トルエン キシレン エチルベンゼン	ガソリンや塗料の溶剤類などに含まれる。油汚染の指標。土壌などが汚染された場合、分解が遅いために地下水まで到達することがある。	底質調査方法 6. 1. 2 ヘッドスペース・ガスクロマトグラフ質量分析法 (平成 13 年版) ※含有分析

## 4. 調査結果

### (1) 調査箇所の状況

#### 1) クマイアブ

沖縄国際大学第4駐車場近傍の普天間基地フェンス沿いに開口する。地域の拝所となっている。クマイアブは、宜野湾市の埋蔵文化財として指定されており、入洞の際には宜野湾市教育委員会文化課の担当者同行の上調査を実施した。また、調査に際しては、事前に地権者の許可を得た上で入洞した。洞口は緩い傾斜で下に向かって開口しており、周辺には御嶽林としてガジュマル等が生育している。2mほど降って洞穴内に入ると、洞は左右（東西方向）に延びており、左手側（東側）が上流で、右手側（西側）が下流である。洞内の状況は、新垣（2000）に示されている図面と同様であった。洞内は粘土の堆積が著しかった。

調査は、できるだけ下流側へ進んだ No. 1 地点と最上流側の No. 2 点で実施した。No. 1 地点は、移動の際にどうしても流水内を移動する必要があり、水に濁りが発生した。入口より下流側の流れは基本的に連続していたことから、No. 1 地点としての採水は、できるだけ濁りが解消された上流部にもどって行った。No. 2 地点については、洞穴の上流端部で、水が流出している場所で行った。



図34 クマイアブ (No.103) の平面図

図 3-2 クマイアブ平面図 (新垣 (2000))



写真 3-1 クマイアブ (左：洞口部遠景、右：入口部の様子)



写真 3-2 クマイアブ No. 1 地点の状況 (左：調査箇所周辺状況、右：採泥状況)



写真 3-3 クマイアブ No. 2 地点の状況 (左：調査箇所周辺状況、右：採水状況)



## 2) 佐真下のウブガー

佐真下公園の北西側に開口する。入口周辺は二次林に囲まれている。入口部には柵が設けられ施錠されている。入洞に際しては、事前に地権者等の許可を得た上で入洞した。入口付近にはコンクリートにより足場が設けられている。流れは、入口を入った正面奥（北側）から手前右手側（南南東側）に流れるが直ぐに伏流する。その先には流路が存在するが水は流れていなかった。流路に沿って匍って進める程度の隙間が 10m 程度続き、その先は比較的広い空間となっていた。所々に水があり、奥（東側）から手前（西側）へと流れていた。洞内の状況は、概ね新垣（2000）に示されている図面と同様であったが、北側に分かれた洞穴は、接続部が細く入り入ることができなかった。北側との分岐点付近を中心に、お菓子の包み紙やビニール袋、子供のオモチャなどが見られた。持ち込んだものではなく流れ込んだものと思われる。

調査はできるだけ上流まで進んだ上で、比較的水深のある場所を選んで実施し、No. 1 地点とした。

No. 2 地点は入口部まで戻った上で、コンクリートの足場直下で実施した。

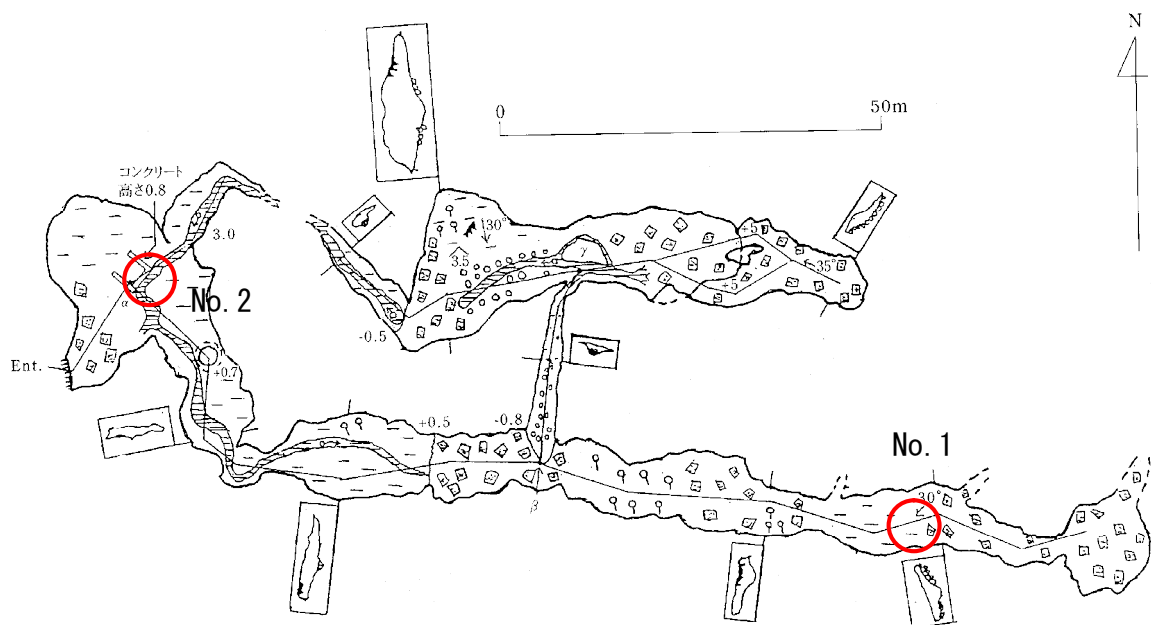


図32 佐真下のウブガー (No.82) の平面図 (麻布大学探検部作図より引用)

図 3-3 佐真下のウブガー平面図 (新垣 (2000))



写真 3-4 佐真下のウブガー（入口の状況）



写真 3-5 佐真下のウブガーNo. 1 地点の状況（左：調査箇所周辺状況、右：採泥状況）



写真 3-6 佐真下のウブガーNo. 2 地点の状況（左：採泥状況、右：採水状況）

### 3) カンガー

真志喜1丁目地内に存在する。近傍には、埋まってしまった井戸が見られ、地元の方から、現在でも地域の拝所となっているとの話を聞くことができた。入口は、アパート脇に水路状に残された流路の先であり、そのまま民家の下へと向かって延びている。入洞に際しては、事前に地権者の許可を得た上で入洞した。出水時には、この水路部を水が流れるものと思われ、水路の先は雨水排水管へとつながっている。洞口から最奥部までは7.7mで、洞口部から6.5m程の区間はコンクリートで固められている。調査は、最奥部で行った。最奥部は、1m程度落ち込み、そこからさらに1m程度の水深で水が溜まっていた。水面には、白く結晶化した物質（浮遊カルサイトと考えられる）も見られた。洞内は他の洞穴と比較して乾燥しており、湿度も低かった。

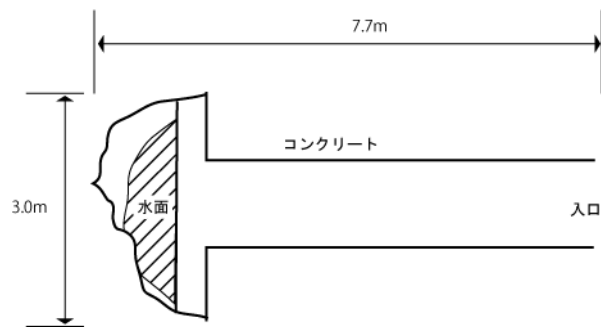


図 3-4 カンガー平面図



写真 3-7 カンガー（左：入口の状況、右：最奥部からみた入口の状況）



写真 3-8 カンガー（左：採泥状況、右：調査箇所周辺の状況）

#### 4) マヤーアブ

森川公園内の米軍フェンス付近の岩壁に開口する。入口は上に昇るように開口しており、遠目には開口部は見えない。しかし、洞内は人為的な痕跡が多く、入口付近は焚き火の跡やゴミが多く、奥はペンキや、彫り込んだような落書きなどが多い。洞内の状況については、新垣（2000）に示されている図面と概ね同様であったと思われる。

洞内にはまとまった水域がほとんど無かったことから、水質調査ができるような場所を探して、可能な限り洞穴の奥まで進み、最奥部に調査可能な水域が見つかったことからそこで採水・採泥を行った。採水に際し、水面までの距離が遠く、水深が浅かったことから壁面や底質の泥が巻き上がり、水に濁りが発生したが、もとは清澄な水であった。採水を行った水域が地下水系に属するかは不明であり、地上部からの浸透水が溜まった水の可能性もある。

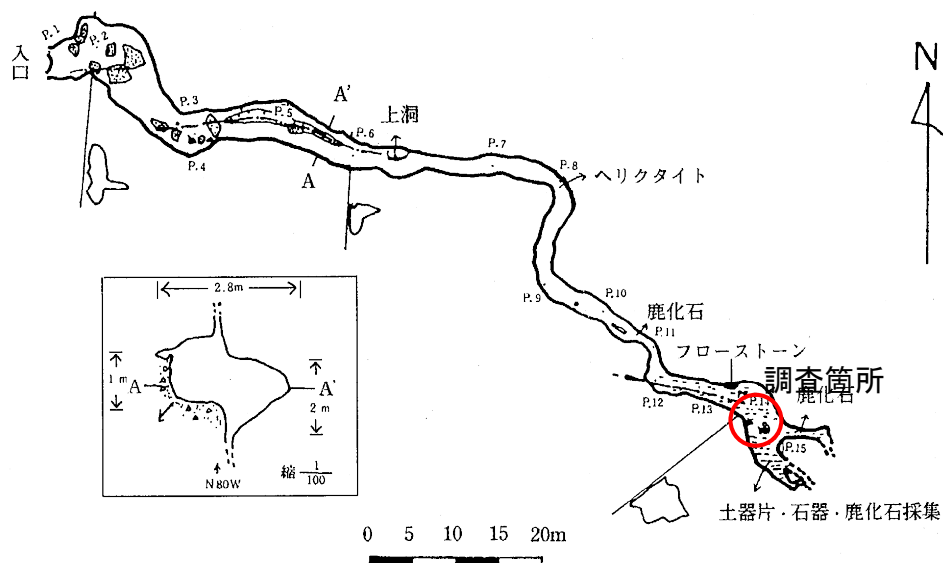


図 3-5 マヤーアブ平面図（新垣（2000））



写真 3-9 マヤーアブ（左：入口周辺の状況（矢印付近が入口）、右：入口の状況）



写真 3-10 マヤーアブ（左：調査箇所周辺の状況、右：採泥状況）

#### 5) マヤーガマ

普天間飛行場の大山ゲート手前に存在する。マヤーガマは、宜野湾市の埋蔵文化財として指定されており、入洞の際には宜野湾市教育委員会文化課の担当者が同行の上、調査を実施した。洞穴は奥行きが 6m、幅が 11.4m 程度で、洞口は 3 箇所開口しており、中央の洞口から入洞した。洞内は、文化財関連の調査が実施されており、一部はブルーシートなど覆われ、大きく 3 段に分かれていた。調査は最も深い場所で実施した。洞内の鍾乳石等は風化したものが多かったが、一部には新しく形成されている鍾乳石も見られた。洞内に水域は存在しなかったため、底質のみ採取を行った。

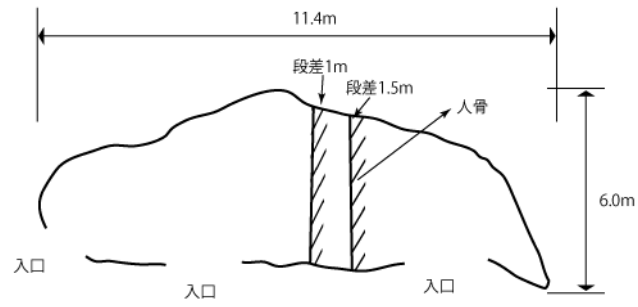


図 3-6 マヤーガマ平面図



写真 3-11 マヤーガマ (左 : 入口の状況、右 : 入口から見た採集箇所)



写真 3-12 マヤーガマ (左 : 調査箇所周辺の状況、右 : 採泥状況)

6) フルチンガー

伊佐交差点の南西 250m 付近に入口が存在し、オオグムヤーとも呼ばれる。入口はマンホールとなっており、はしごを 6~7m 程度降ったところが、人工的に整備された暗渠部（下流側）と自然の洞穴（上流部）の境界部分にあたる。「湧水群水質調査」で実施している調査地点ははしごを下りたところの堰となっている場所で実施している。洞穴は長く続いており、普天間基地内のアカガマやマーカーガマとつながっているとされ、また、上流の愛知地区付近からシリガーラを介して、基地内を貫流する表流水も流れ込んでいると考えられ、流量も多い。洞穴はおよそ南~南東方向に延びており、途中には小さな滝の連続するような環境や 10m 以上の高さでホール状になっている様な場所もあった。今回の調査では、洞穴内を流水に沿っておよそ 300m 程度遡った上で、調査可能と判断した 250m 付近を調査地点とした。調査地点における流水部の底質は、岩盤や石礫で、河岸部には礫や 2mm 以下の砂分が堆積しており、そこにシルト分等が薄く乗っている様な状況であった。

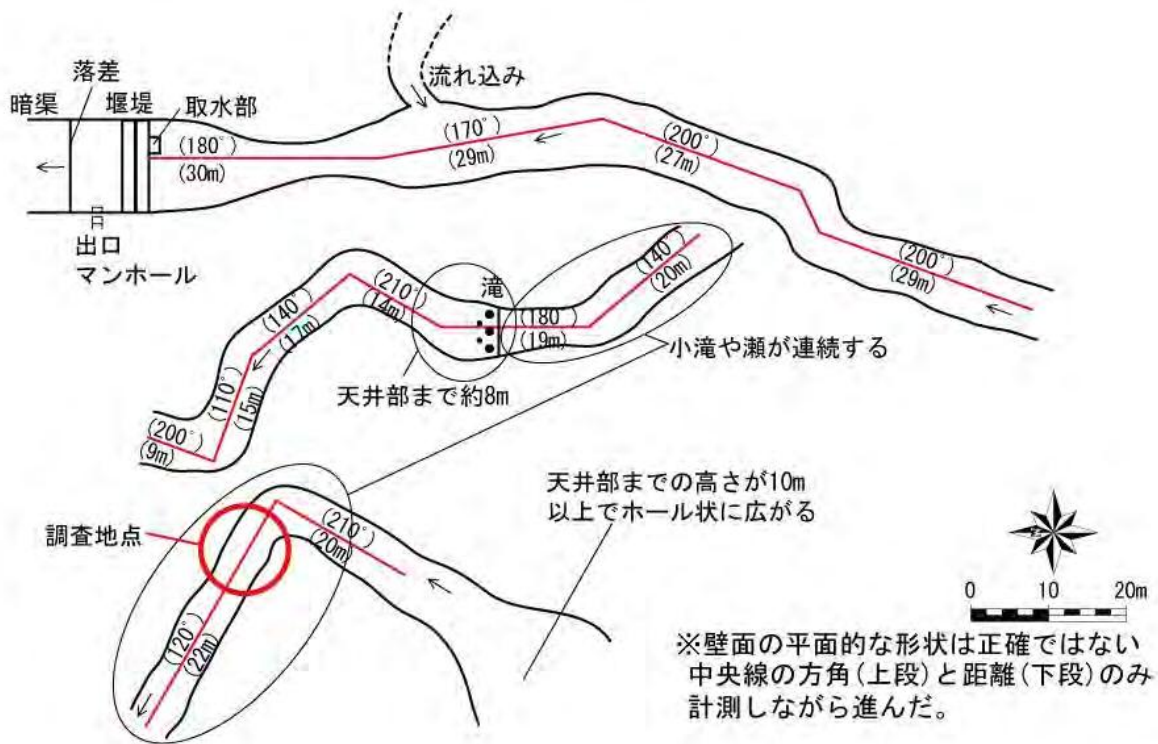


図 3-7 フルチンガー模式平面図



写真 3-13 フルチンガー（左：入口の状況、右：入口直上流の状況）



写真 3-14 フルチンガー（左：調査箇所周辺の状況、右：採水状況）



## (2) 結果と考察

### 1) 水質

洞穴内水質の分析結果を表 3-4 に示す。なお、マヤーガマについては洞内に水域が存在しなかったため水質分析は行っていない。

水質は、何れの調査地点においても、問題ないレベルであり、環境基準等と比較しても超過する項目は無かった。以下に特に留意すべき点についてのみ記述した。

フルチンガーを除く全ての洞穴で底質部分は粘土質となっており、特に流れの早かったクマイアブ No. 1、No. 2、佐真下のウブガーNo. 2 地点でやや SS が高い傾向が見られた。ただし、洞穴内での採水では、視界が限られ、水深も十分で無いことから、水の濁りに関しては、常に底質の巻き上げの可能性があることにも留意する必要がある。

栄養塩類の窒素類については、概ね「湧水群水質調査」と同程度の値を示した。水量が少なく、ほとんど流れの無かった佐真下ウブガーの No. 1 地点や、マヤーアブでは特に低い値となっており、地下水系とは切り離された、浸透水などが主体の流入負荷による影響が少ない水域である可能性が考えられた。

既往データの存在するクマイアブでは、平成 15 年調査時と同程度水質を示しており（図 3-8 参照）、大きな水質の変化は確認されず、良好な状態が維持されている。

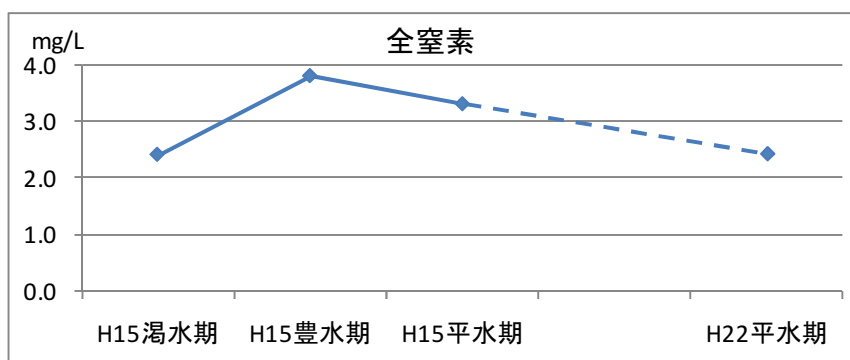


図 3-8 クマイアブにおける全窒素の変化

### 2) 底質

洞穴内底質の分析結果を表 3-4 に示す。

何れの地点においても、トルエン、キシレン、エチルベンゼンは定量下限値未満であった。

底質の汚濁状況を示す COD については、クマイアブでやや高い値を示した。硫化物については、クマイアブや佐真下のウブガーNo. 1 でやや高い値が検出され

た。底質については、採泥箇所の違いによってバラツキが大きくなることも知られていることから、有機性汚濁の状況については今後の情報の蓄積が必要である。

### 3) 確認出来た生物

洞穴内水質・底質概査の際に確認された生物を表 3-5 に示す。

本年度調査の際には積極的な採集などは実施していないが、7 目 10 科 12 種が確認されている。今回の調査では、コウモリなど洞窟性の種を確認することはできなかった。

今回確認された生物の多くはフルチンガーで確認された回遊性の甲殻類、魚類、貝類であり、フルチンガーの流量が多く、下流で海につながっているため、河川で一般的に見られる様な回遊性生物が多く確認されたものと考えられる。

また、佐真下のウブガーやクマイアブなど比較的上流側に位置する洞穴においてもヌマエビ科 (cf. ヒメヌマエビ) の生息が確認され、海から地下水系を遡上し生息している可能性が考えられた。地下水系は、人の目には触れないために、生態的な側面からはあまり調査されていないものの、河川生態系の上流部と下流部をつなぐコリドー (移動経路) としての役割を果たすと共に、独自の生態系が形成されているものと考えられる。地下水系の生態的な環境の価値については、見落とされがちではあるが、今後、基地跡地利用を考える上では重要な環境要素の一つであると考えられる。

参考：新垣義夫. 2000. 宜野湾市の洞窟. 宜野湾市教育委員会 (編). 宜野湾市史第 9 巻資料編 8 自然. 125-188.

表 3-4 洞穴内水質・底質調査結果

項目	単位	クマイアブ		佐真下のウブガー		カンガー	マヤーアブ	マヤーガマ※2	フルチンガー	最大	最小	参考基準
		H23.2.10		H23.2.10								
		No.1	No.2	No.1	No.2							
時間	—	14:05	14:35	11:30	12:00	13:32	15:02	10:09	10:42	—	—	—
気温	°C	22.3	22.3	23.6	21.2	17.4	24.9	19.6	20.6	24.9	17.4	—
水温	°C	23.0	23.0	—	—	22.7	25.2	—	19.6	25.2	19.6	—
臭気	—	無	無	微泥	微泥	無	無	—	無	—	—	—
透視度	cm	>50	>50	>50	>50	>50	>50	—	>50	>50	>50	—
濁度	度	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.5	—	0.2	0.5	<0.1	—
電気伝導度	μs/cm	662	697	537	570	736	382	—	571	736	382	—
塩化物イオン	mg/L	32.7	30.0	61.4	28.6	38.0	24.6	—	37.9	61	25	—
全硬度	mg/L	172	100	156	88	320	144	—	194	320	88	—
pH	—	8.0	7.2	8.0	8.2	7.3	8.2	—	7.4	8.2	7.2	6.5~8.5
BOD	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	—	<0.5	0.5	0.5	3以下
SS	mg/L	3.0	2.2	2.2	<0.5	<0.5	2.6	—	<2.8	3.0	<0.5	25以下
DO	mg/L	8.2	8.1	8.2	7.9	8.3	8.1	—	8.8	8.8	7.9	5以上
n-ヘキサン抽出物質	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	—	<0.5	<0.5	<0.5	—
大腸菌群数	MPN/100mL	350	1,100	630	1,600	140	94	—	1,920	1,920	94	5,000以下
糞便性大腸菌群数	個/100mL	34	310	26	48	0	0	—	76	310	0	1,000以下
アンモニア態窒素	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	—	<0.01	0.01	<0.01	—
亜硝酸態窒素	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.002	—	0.001	<0.01	<0.01	合計が10以下
硝酸態窒素	mg/L	2.35	2.35	0.63	1.54	2.44	0.79	—	3.14	3.14	0.63	—
全窒素	mg/L	2.41	2.41	0.65	1.57	2.46	0.82	—	3.15	3.15	0.65	—
りん酸態りん	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.12	0.09	—	0.32	0.32	0.02	—
全りん	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.14	0.12	—	0.32	0.32	0.02	—
水分含有量	%	36.9	22.6	22.9	28	36	41.5	23.6	26.9	41.5	22.6	—
pH	—	8.3	8.4	8.3	8.5	8.2	8.4	8.4	8.2	8.5	8.2	—
CODsed	mg/g乾泥	11.7	7.3	7.9	7.7	6.7	8.6	8.1	3.3	11.7	3.3	—
硫化物	mg/g乾泥	0.06	0.12	0.08	0.02	0.02	<0.01	0.02	0.01	0.12	0.01	—
トルエン	mg/kg乾泥	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	—
キシレン	mg/kg乾泥	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	—
エチルベンゼン	mg/kg乾泥	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	—

※1:クマイアブNo.1及びマヤーアブについては、地点間の移動や採水(水量が極端に少ない)の際に底質が舞い上がり濁りが発生した。もとの水については清澄であった。

※2:マヤーガマについては水域が存在しなかったことから、水質調査は実施していない。

参考基準; pH、BOD、SS、DO、大腸菌群数は「水質汚濁に係る環境基準(昭和46年環境庁告示第59号)」の生活環境の保全に関する環境基準日類型(水道3級)基準

糞便性大腸菌群数は「水浴場判定基準(平成9年4月環水管第115号)」の水質C基準

硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素は「地下水の水質汚濁に係る環境基準(平成9年3月13日環境庁告示第10号)」

表 3-5 洞穴内で確認された生物（既往調査結果を含む）

網	目	科	和名	生態分類	平成14年度調査結果抜粋		平成22年度概査結果									
					マヤーアブ	フルチンガー (=オーグムヤー)	クマイアブ	佐真下のウブガー	カンガー	マヤーアブ	マヤーガマ	フルチンガー (=オーグムヤー)				
					現地調査	文献資料	現地調査									
蜘蛛	ザウトムシ		ザウトムシ目 spp.	-												
	ヤイトムシ	ヤイトムシ	ヤイトムシ	▲		+				○						
クモ		タマゴグモ	ウデナガサワダムシ	▲		○										
		エンコウグモ	ジャハラグモ	●		○										
		マシラグモ	カンムリグモ	●		○										
		タナグモ	ウデナガマシラグモ	●		○										
		アシダカグモ	ヤチグモの一種	●		○										
昆虫	ゴキブリ	ゴキブリ	アシダカグモ	○		○										
	ゲジ	ゲジ	ゴキブリ科sp.	-		○				○						
倍脚	フサヤスデ	フサヤスデ	オオゲジ	△		+										
	オビヤスデ	ケヤスデ	ニホンサヤスデ	○		○										
	ヒキツリヤスデ	ヒモヤスデ	リユウキユウヤハズヤスデ	●		○										
腹足	アマオブネ	アマオブネ	カバクチカノコ	○		○										○
			ムラクモカノコ	○												○
甲殻	中腹足	カワザンショウガイ	フネアマガイ	○												
	有肺	オナジマイマイ	ホラアナコマオカチグサ	●		+										
		キセルガイ	オキナワウスカワマイマイ	○		○				○						
条鰭	十脚	テナガエビ	ヌミギセル	○		○				○						
		イワガニ	ヌマエビ科 spp.	-												
		ウナギ	モクスガニ	-												
哺乳	コウモリ	カワアナゴ	オオウナギ	-												
		ハゼ	カワアナゴsp.	-												
8網	15目	キクガシラコウモリ	クロヨシノボリ	-												
	22科	オキナワコキクガシラコウモリ	オキナワコキクガシラコウモリ	▲												
					7	12	4	2	1	1	2	0	9			
					16											

注) 生態分類；●：真洞窟種、▲：好洞窟種、△：地中・好暗性の種、○：迷洞窟種  
 注) 平成22年度概査結果については、「洞穴内水質・底質概査」の際に確認された生物を整理したもので、積極的に生物を採集等は行っていない。  
 注) 文献資料；資料の出版；「沖繩県および周辺離島における洞窟動物」(下謝名, 1979, 沖繩県洞穴実態調査II, 沖繩県教育委員会)；資料の+印は、文献資料の各調査地点において資料の筆者が過去の調査で生息を確認している種(コウモリ目を除く)。

## 第4章 委員会及び総括

### 1. 委員会の実施

#### (1) 概要

委員会を開催し、本年度の調査の方法や洞穴内水質・底質等概査の調査地点について助言・指導を得た。委員会は下記の日程で開催した。また、本年度委員を委任した有識者の名簿を表4-2に示す。

表4-1 委員会の開催日及び検討内容

	開催日	検討内容
第一回	平成22年12月3日	平成22年度調査計画について 洞穴内水質・底質等概査について
第二回	平成23年2月22日	湧水群水質調査結果について 洞穴内水質・底質概査結果について

表4-2 委員名簿

氏名	役職等
みやぎ くにはる 宮城 邦治	沖縄国際大学 教授
おおしろ いつろう 大城 逸朗	おきなわ石の会 会長
とくやま あきら 渡久山 章	琉球大学 名誉教授
しょきた しげみつ 諸喜田 茂充	琉球大学 名誉教授
なかつた えいじ 仲田 栄二	沖縄国際大学 名桜大学 非常勤講師
あらかき よしお 新垣 義夫	普天満宮 宮司
おおで しげる 大出 茂	琉球大学理学部 教授
くだ とむひろ 久田 友弘	沖縄県文化環境部自然保護課 課長
にった そうじん 新田 宗仁	宜野湾市水道局 局長



第一回



第二回

### 写真 4-1 委員会の開催状況

#### (2) 平成 22 年度 宜野湾市自然環境調査検討委員会（第一回）

##### 1) 日時

平成 22 年 12 月 3 日(金)10:00～12:00

##### 2) 場所

ジュビランス 2 階 ホール

##### 3) 出席者

###### ・委員

宮城 邦治	(沖縄国際大学 教授)
大城 逸朗	(おきなわ石の会 会長)
渡久山 章	(琉球大学 名誉教授)
諸喜田 茂充	(琉球大学 名誉教授)
新垣 義夫	(普天満宮 宮司)
大出 茂	(琉球大学理学部 教授)
久田 友弘	(沖縄県文化環境部自然保護課 課長)

###### ・事務局

比嘉 秀夫	(宜野湾市基地政策部次長)
新垣 勉	(宜野湾市基地政策部基地跡地対策課係長)
名幸 仁	(宜野湾市基地政策部基地跡地対策課)
橋本 潤一	(株式会社環境調査技術研究所)
宮本 真琴	(株式会社環境調査技術研究所)

4) 主な指摘事項と対応

平成 22 年 12 月 3 日に実施された「宜野湾市自然環境調査検討委員会（第一回）」での主な指摘事項及び対応は、以下に示すとおりである。

主な指摘事項及び対応

※敬称略

	指摘・意見・助言	対応
○調査方法等について		
久田	底質項目は、既往の調査項目なのか？分析可能なのか？重金属類はいらぬのか？	事務局宮本：底質として分析可能な項目である。既往は一部土壌調査として実施していたものもある。トルエン、キシレン、エチルベンゼンについては平成 14 年度に洞穴内の土壌調査で実施されている。pH、BOD、硫化物は、新項目である。分析は可能である。重金属については、委員からの助言がほしい。
大出	塩素イオンとは通常使わない。塩化物イオンか、塩素だと思う。分析方法から想定して塩化物イオンだろう。	表記のミス。修正する。
渡久山 大出	基地ということもあるので重金属、トルエン、キシレンは大事だと思う。是非やって欲しい。 航空機等の洗浄水から重金属類が出る。また油の流出などがある。 水質はその時のものだが、底質は履歴である。 跡地利用で困るものを調べておくべき。	宜野湾市：予算との兼ね合いがあるが今後検討していきたい。
渡久山	もっと調査のとりかかりを早くできなかったのか。	宜野湾市：国会運営等の影響で、国からの補助金の交付決定が年々遅くなっていて、思うように業務発注が出来ていない。国には、年度の早い段階で発注できるように働きかけている。
新垣	返還は遅れるのか？	宜野湾市：報道以上の情報は無い。現状では基地内の調査はできない。返還合意になれば、本格的な調査ができる事になると思う。
宮城	返還後の調査にも関係してくるような調査をしておくべき。新規調査の分析項目については精査してください。	
諸喜田	項目についての提案に同意する。人間、生物に影響のあるものをしておくのがよい。 生物についても確認した物を記録するとあった。ここは海との繋がりがあるので、エビカニが遡上している。産卵期に下流にプランクトンネットを設置すれば、幼生を採集できる。この上流に親が居て繁殖できる環境があることが確認出来る。	

○調査結果について		
大城	結果について、変化把握だけでよいのか、原因まで考えるのか？	宜野湾市：大きな変化があれば原因の検討をすべきと考えている。 ただし下水道整備等による小さな変化は跡地利用の計画づくりには影響してこないと考えられる。 定期調査では大きな変化が無いことを把握しておく。
久田	塩化物イオン濃度、EC、DO、BOD等良好で問題無い。BODについては上昇についてどう考えるかだと思う。	事務局宮本：流量と水質の変化との関連性に注目して解析をすすめたい。
宮城	変化要因には留意しながら分析すべき	
諸喜田	(フルチンガーのりん、窒素が低下している点について)フルチンガーは大雨でフラッシュされてきれいになったのか？	新垣：地下の合流分散も影響している。 宜野湾市：大雨による希釈的な良化なのか、下水道整備の進捗による効果なのか現時点で特定はできない。
渡久山	関連：「流量×水質」による流下物質量の解析整理が望まれる	そのように解析を行いたいと考えている。
宮城	飲料可能なのか？基準はあるか？	久田：県内河川のBODと比較すると辺野喜等やんばるの川ほどではないが、水道水源としては良好で汚れは少ない。
渡久山	中部に直接飲める水はあるか？	今は無い(複数委員より声)。
大出	オオグムヤーとフルチンガーの名前どちらが正式か？	新垣：フルチンガー下流に小堀があったため、後にその一帯をオオグムヤーと呼ぶようになった。しかしながら、実際は文献等からみても、古い時期からフルチンガーの呼称が出てくることから、文化課とも検討し、フルチンガーを正式呼称としている。
大出	窒素と挙動が異なりリンだけが高い。基地から流入だろうか。	事務局宮本：堰状の構造物があり、過去はその溜まり部分で溶出が起こっていたのではないかと。過去は流速も計測できない状況だった。今回は流水状態にあった。
大出	関連：その底質の分析もしてほしい。	未回答
新垣	関連：もっと上流なら計測可能な場所があったと思う。急激に上がっているが。	未回答
○洞穴内水質・底質等概査の地点設定について		
大城	・流下に伴って水質が良化するというようなケースもあったのでは？	
大城	・流入水質を把握した上で、流出でどう変わったかを把握するのが良い。	
大城	・フルチンガーには基地から入る粘土があるので底質分析はそれを対象にするのがよい。	・候補にしたい
新垣	・普天間周辺の8年前の井戸水データがある。生活排水が入っており直接飲める物ではなかった。中水として利用している。	



新垣	・代表的な吸い込み側もみてほしい。	
大出 新垣	・アラグスクガーが良い。フェンス沿いに入って、基地の中に進める。	・候補にしたい。 (※文化課とも協議し、検討を行った結果、米軍の許可が必要と判断されたため、調査対象とはしなかった。)
渡久山	・東西は対にして調査してほしい。	
新垣	・途中に水盆が存在するため、ある程度の流量までは流れが独立しているが、流量が増えて水位が上がると隣接する流れが合流して、混ざってしまう。下流水質が大きく変わる。	

(3) 平成 22 年度 宜野湾市自然環境調査検討委員会（第二回）

1) 日時

平成 23 年 2 月 22 日(火)9:50～11:30

2) 場所

ジュビランス 2 階 ホール

3) 出席者

・委員

宮城 邦治 (沖縄国際大学 教授)  
大城 逸朗 (おきなわ石の会 会長)  
渡久山 章 (琉球大学 名誉教授)  
諸喜田 茂充 (琉球大学 名誉教授)  
新垣 義夫 (普天満宮 宮司)  
大出 茂 (琉球大学理学部 教授)

・事務局

比嘉 秀夫 (宜野湾市基地政策部次長)  
新垣 勉 (宜野湾市基地政策部基地跡地対策課係長)  
名幸 仁 (宜野湾市基地政策部基地跡地対策課)  
橋本 潤一 (株式会社環境調査技術研究所)  
宮本 真琴 (株式会社環境調査技術研究所)

4) 主な指摘事項と対応

平成 23 年 2 月 22 日に実施された「宜野湾市自然環境調査検討委員会（第二回）」での主な指摘事項及び対応は、以下に示すとおりである。

主な指摘事項及び対応

※敬称略

	指摘・意見・助言	対応
	○湧水群水質調査結果について	
渡久山	下水道の普及率の話があるが、下水道の普及率の年推移に関するデータは持っているか。	事務局宮本：平成 17 年度と平成 21 年度のデータのみをピックアップして本文中に示している。それによると、平成 17 年度で 86%、平成 21 年度で 92%となっている。

大城	現在の水質は良好な傾向にあり、その理由の可能性の一つとして下水道の普及率で示しているが、そうすると今後、この湧水群はずっと良い水質を維持できるということなのか、考察の中で総合的に示す必要があるのではないか。	事務局宮本：総合的な考察の中に、今後の見通しと言ったものを反映させていくように考えたい。
大城	下水道の普及以外に、基地内の環境保全に関して理解されてきているということも考えられないか。今までの水の汚れはみんな軍用地域からの下水道からの汚染だったのか、そういうことも考えながら、総合的なまとめにも入れるべきではないか。	事務局宮本：基地内からの水質の状況については情報がないのが現状。市街地から基地へ流入する部分についても、過去に実施されているが、それ以降調査されていない。そうした状況から、改善状況については、今のところ下水道の普及率というデータだけで話を組み立てている状況である。
大城	湧水の現状について、現在の状況を維持していけば宜野湾市の川は、良い方向に進んでいくと行政の方も考えているのか	宜野湾市：下水道の目的としては、生活環境の改善と水域の水質保全という2大目的があるが、宜野湾市においては、下水道の役割は大きく、目標を達成する方向に来ていると考えている。基地内の対応についても、近年ではあるが、環境について配慮されてきており、それなりの対応は期待出来るものと考えている。普天間飛行場からの汚水、汚染状況は一時よりも改善される方向だと考えている。
宮城	これから基地が返還されて基地エリアが大きく開発されるというときに、水質を変容させる要因というのがいろいろあると思うが、そういう将来的なことも含めてこの報告書に書き込むことも必要だろう。今の状態はこうだけでも、返還されて10年20年後同じように湧水量や水質が維持されるのかとか、そういう意味でこれまでのデータというのは重要な基礎データになると思うので、考察の所ではそういうことも記述が必要だろう。	宜野湾市：跡地利用推進のために一番重要な、基地内への立ち入り調査という部分で課題が残されており、それにつなげるためにも、継続して、周辺ではあるが進めていきたいと考えている。
宮城	この調査は、これから（次年度以降）も継続される予定なのか。	
宮城	水の状態として、流量変化や、水質変化の要因というのは、今の状態ではあまり変化しないが、基地が返還されて、そこでいろいろな作業が行われ、いろいろな施設ができたとき、大きな要因になると思われる。水の動態をみる側からすると大きな要因が何なのかということを知りたいというのがあるので、データを継続していくような環境調査を継続してほしい。	
諸喜田	下水道の主な幹線は整備されているとのことだが、各家庭からそこへの接続はどうなっているのか。	宜野湾市：最新のデータではないが概ね95%は接続されている。
新垣	今回の調査では下流側の湧水部のみを調べているが、流入口の調査も必要である。基地の中での調査ができない現在、出口部だけでなく入口の方でも定期的にやらないと、どこの部分で水質が変化しているのか疑問が残ることになる	上流の流入口の調査に関しては、今後検討していきたい。定期的ということにはならないと思うが、今後は流入口の調査や洞穴については、検討しながら調査していくということになると思う。

大出	基地の中での下水の処理はどうなっているのか。りんの起源を考えた場合、現在では洗剤にはほとんど使われなくなっているが、アメリカ軍が何かの洗浄に使っていたりんが、使われなくなったために、減少傾向にあるという可能性も考えられる。	宜野湾市：宜野湾地域の基地内の汚水というのは、宜野湾浄化センターに普通の公共下水道として、宜野湾市が受け入れて処理しているという状況である。基地内におけるりんの使用状況については、情報が無い。
宮城	水質の状態は、現実的に良くなってきているので、基地から水質変化させる様な物質の流入というのは相対的には減少しているといえるのか。	宜野湾市：今のところ、そう想定している。
○洞穴内水質・底質概査の結果について		
諸喜田	出現生物について、ヌマエビ科 spp. となっているがこれは、なぜか。テナガエビもコンジテンテナガエビ以外にもいるのではないか。	事務局宮本：ヌマエビについては、採集できなかったため、上からの目視のみの結果となっている。テナガエビについては、今回採集出来たものではコンジテンテナガエビのみであった。
新垣	生物の生息している環境というのをよく理解した上で調査を実施すればもっと見つかるのではないか。	
宮城	考察への書き込みが弱い。洞穴の流水も海とつながっていて、宜野湾市の高台の湧水で見られる生き物はそこで繋がっているという、そういう話を書くことで、地下流水の貴重さ、大事さが強調されるのではないか。	参考にして記述したい。
大城	マヤーアブの奥の泥というのは岩石の割れ目から入ってきたという解釈を当時はしたが、しかし基本的にはかつては水の流れがあったはずで、現在ここに水が溜まっているのは、そこに流れがあるのか、私はもっと深いところにあると考えているが。この水面は、洞床からどれぐらいの深さになるのか。	手を伸ばして、何とか届くぐらいなので、1m前後というところ。
大城	そうすると上からのたまり水かもしれない。	
大城：	用語の使い方として、『岩盤や石礫』の石礫や『2mm以下の砂分』の砂分というのがよく分からない。	事務局宮本：ある程度は大きさによって定義されている。 (注：河床の構成材料に関する記述については、基本的に土質調査(粒度分析)の階級区分の考え方に従ったため、地学的な分類定義の考え方との間にずれが生じていた可能性がある。)
渡久山	今回調査されている地点で、平成15年にも調査が行われているのはクマイアブだけか。	事務局宮本：平成15年の調査結果で今回調査と同地点は、クマイアブのデータしかない。水系が異なるところの吸い込み口(ポノール)では何カ所か実施している。
渡久山	洞穴内の分析については2月の調査で終わりののか。また、来年度やる予定はあるのか。	宜野湾市：洞穴調査については今年度だけということ考えている。定期的ということにはならないと思うが、今後は流入口の調査や洞穴については、検討しながら調査していく。

渡久山	クマイアブの話だが、平成 15 年度調査と比べると窒素が 2 倍になっているがその由来はなにか。	※※クマイアブの底質分析結果の速報値に誤りがあった。実際には平成 15 年度の調査結果と同程度であった。
宮城	洞穴の調査について、前回調査から 7 年ぐらいデータがない。可能なら、経年的な調査をするべきだろう。	
大出	洞穴と洞穴は結構繋がっていて、ケイブシステムといわれる。どういう風に地下で繋がっているのか、想像の域は出ない所もあるが、現時点での流れの予想図というのも付けてもらえるとありがたい。今後の資料にもなると思う。	新垣：以前の報告書にそうした調査結果があるので、それを付け加えながら整理したい。
宮城	水質の調査なので、その場所だけのプロットだけで示すのではなく、水の流れについて前に調査した結果もあると思うので、そうしたものと重ね合わせるような工夫がされると分かりやすい。	改善する。
諸喜田	「本来河川性の生物が多く確認された」とあるが、これは「両側回遊性」である。「河川性」というと純淡水性のものを指すので、用語を変えること。	修正する。

## 2. 総括考察

### (1) 湧水群水質調査

湧水群の水質調査は、平成 15 年度及び平成 18 年度以降実施されており、本年度調査で 6 年分の調査結果が蓄積されている。以下にこれまでの調査から得られた結果についてまとめた。

- ・フルチンガーを除く 4 湧水で塩化物イオンや全硬度の低下が見られたが、降雨による短期的な希釈効果によるものと考えられた。
- ・pH、BOD、SS、DO、n-ヘキササン抽出物質については、良好な状態を維持している。
- ・大腸菌群数は、豊水期（秋季）の調査においてチュンナガーとフルチンガーで例年よりもやや高い値で確認されたが、糞便性大腸菌群数については、近年低い値で推移している。
- ・窒素類については、全ての調査期、調査地点で環境基準の範囲内にあり、良好な状態が維持されている。
- ・りん類については、これまで比較的高い値で推移していたフルチンガーにおいて値の減少が見られ、逆にアラナキガーでは値の上昇が見られた。
- ・アラナキガーにおけるりん類の上昇原因は、近隣部からの流出の可能性が考えられるが、地下水系の複雑さもあり、現状での要因の特定には至っていない。

大腸菌群数については、これまでもたびたび委員会等で議論の対象となってきたが、特に、地下水などの環境において、地下水常在菌が大腸菌群として計数されることが知られており（日本環境管理学会，2004）、信頼性に問題があるものと考えられる。また、近年の水道水質基準から大腸菌群数が除外されたことを考えても、湧水群の水質環境の指標として再度検討する必要があるものとする。今後湧水の利用形態として、水浴ができる程度の水質の維持を考えるのであれば糞便性大腸菌群数を指標とすることでモニタリング可能であると考えられる。

本年度調査における栄養塩類については、総じて低い値を示したが、過去に確認されていないアラナキガーにおけるりん類の上昇なども確認されており、今後も継続的にモニタリングを行うことが必要である。

湧水群の水質は、総体的に良好な状態を維持していると言える。既往調査結果も含めた長期的な視点からは、一時的な水質の悪化はみられるものの、極端な水質の悪化や長期的な悪化傾向などは無く、概ね良好な状態を維持し、一部は改善傾向にあると言える。

現況水質については、基地からの負荷流入に不明な点が残るものの、下水道の普及や環境に対する意識の向上などの社会的な変化もあり、極端に悪化する可能

性は低いものと想定される。今後は、基地跡地利用に伴う開発を見据え、新たな水質・水量に関する情報の蓄積を図ることが重要になるものと考えられる。すなわち、今後発生する最も大きな環境変化要因は、基地の返還に伴う開発であり、その開発が下流域にもたらす変化を的確に押さえる必要があるものと考えられる。そのためには、開発区域の上流にあたる部分（地下水系上流側の吸い込み部）の現況を把握し、データの蓄積をはかるとともに、そうしたデータを基に、下流域における湧水利用に配慮した開発のあり方について検討していくことが重要である。

## (2) 洞穴内水質・底質等概査

洞穴内の水質及び底質については、本年度初めて調査を行った。今回の調査結果について以下にまとめた。

- ・今回調査を実施した洞穴については、平面図等が整備されているものも多かったが、安全には十分配慮して入洞した。
- ・クマイアブやマヤーガマなど文化財となっていたり、地権者等の許可が必要なものもあるため、調査に際しては事前の調整が必要である。
- ・水質は、何れの地点についても、環境基準と比較した場合、問題ないレベルにあった。
- ・クマイアブについては、平成 15 年当時水質調査結果と大きな変化は確認されなかった。
- ・底質については、何れの地点においても、トルエン、キシレン、エチルベンゼンは定量下限値未満であった。
- ・底質の汚濁状況を示す COD については、クマイアブでやや高い値を示した。
- ・硫化物については、クマイアブや佐真下のウブガーNo. 1 でやや高い値が検出された。
- ・底質については調査箇所によるバラツキが大きいことが知られていることから、今後の情報の蓄積が必要である。
- ・洞穴内では、7 目 10 科 12 種の生物を確認したが、洞窟性の生物を確認することはできなかった。
- ・洞穴内において回遊性の生物が多く確認された。地下水系は、人の目には触れないために、生態的な側面からはあまり調査されていないものの、河川生態系の上流部と下流部をつなぐコリドー（移動経路）としての役割を果たすと共に、独自の生態系が形成されているものと考えられた。

今回調査を行った洞穴の水質や底質の状況は、基本的に良好な状況にあるもの

と考えられた。しかし、洞穴内調査については、本年度が初めての調査であり、また、委員から汚濁があると指摘のあった洞穴については、調査できていない(基地内に存在するため)ことから、今後の情報の蓄積が必要であるものと考えられる。

また、地下水系の生態的な環境の価値については、見落とされがちではあるが、今後、基地跡地利用を考える上では重要な環境要素の一つとして捉える必要があるものと考えられる。前回調査以降、洞穴内の生物についてはほとんど調査が行われておらず、また、これまでの調査では、あまり洞穴内の水域において調査が行われていないことから、今後あらためて洞穴内の生物調査等を行い、洞穴内の生態系の現況を把握する必要があるものと考えられる。

### (3) 今後の湧水群水質評価基準と対応方針(案)について

湧水群水質については、平成15年度及び平成18年度以降に調査が行われてきており、本年度調査を合わせてこれまでに6年分の調査結果が蓄積されている。これまでの調査では、湧水群の水質変動を把握し、現況水質のモニタリングを行ってきており、短期的な水質変動はあっても、長期的な水質汚濁等は確認されていない。

現在でも地域ごとに守られて利用されている湧水群については、今後、基地跡地利用が進展した場合でも、これまで通り利用出来ることが重要である。そのためには、水質に変化が発生した場合に備え、①評価基準、②対応方針の整備が求められているものとする。

そこで、「①既往調査結果について最大値、最小値及び中央値を整理し、湧水群水質の変動幅について把握」と共に、「②現況を超える変化が発生した場合の対応方針について検討」を行った。

#### 1) 湧水群水質の変動幅

これまでの調査期間中、湧水群の水質に取水障害となるような重大な変化は発生していない。短期的な水質変動はあるものの比較的良好な状態を維持しているものと考えられる。そこで、既往調査結果の変動状況を整理し、今後の湧水群水質の評価基準の目安とする。以下に既往調査結果の最大値、最小値及び中央値を整理して示す。



表 4-3 湧水群水質の変動状況

項目	単位	C地下水流域 (大山第1流域)			D地下水流域 (大山第2流域)			D地下水流域 (大山第2流域)			E地下水流域 (喜友名流域)			参考 基準				
		マンダカリヒージャーガー	アラナキガー	ヒャーカーガー	フルチンガー	フルチンガー	チュンナガー	フルチンガー	フルチンガー	フルチンガー	フルチンガー	フルチンガー						
		最大値	中央値	最小値	最大値	中央値	最小値	最大値	中央値	最小値	最大値	中央値	最小値					
一般 性状	水温	26.0	24.4	22.4	26.2	24.4	22.4	26.9	24.0	23.0	26.5	23.9	19.8	25.4	23.5	22.5	—	
	流量	1893	648	374	5359	1980	674	3990	1994	1173	2859	2859	1024	1888	1107	224	—	
	濁度	1.7	0.3	<0.1	2.1	0.3	0.1	0.7	0.2	<0.1	3.5	1.2	0.2	3.5	0.2	0.1	—	
	電気伝導度	860	683	647	736	601	562	756	639	593	844	646	547	864	699	640	—	
	塩化物イオン	60	44	33	56	37	23	40	36	24	60	46	28	44	41	27	—	
生活環境項目	全硬度	300	290	166	270	260	167	300	270	126	260	230	190	320	310	133	—	
	pH	7.7	7.4	7.3	7.9	7.5	7.2	7.8	7.5	7.1	8.1	8.0	7.5	8.0	7.4	7.2	6.5~8.5	
	BOD	0.6	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3以下
	SS	9.4	<0.5	<0.5	1.4	<0.5	<0.5	1.3	<0.5	<0.5	5.8	2.4	<0.5	3.7	<0.5	<0.5	<0.5	25以下
	DO	8.2	7.6	7.1	8.1	7.5	7.1	8.3	7.9	6.4	8.8	8.0	7.5	8.4	7.6	7.0	5以上	
栄養塩類	n-アキサン抽出物質	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	—	
	大腸菌群数	49000	1100	27	350000	790	79	79000	790	100	79000	7900	79	350000	2000	140	5,000以下	
	糞便性大腸菌群数	1600	22	4	116	9	4	2300	20	4	1600	32	3	640	70	3	1,000以下	
	アンモニア態窒	0.02	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	—	
	亜硝酸態窒	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	合計が10以下	
硝酸態窒素	3.2	2.7	1.5	3.0	2.5	1.7	2.5	2.2	1.4	5.5	3.5	1.7	5.1	4.6	2.3	—		
全窒素	4.4	3.0	1.5	3.6	2.9	1.7	3.3	2.4	1.4	6.0	3.9	1.7	6.7	4.9	2.6	—		
りん酸態りん	0.09	0.07	0.03	0.19	0.11	0.04	0.09	0.07	<0.02	0.86	0.67	0.03	0.09	0.07	0.02	—		
全りん	0.09	0.08	0.04	0.21	0.11	0.05	0.10	0.08	0.02	0.88	0.70	0.03	0.09	0.08	0.03	—		

1: 既往調査結果データー期間=平成15年度、平成18年度、平成22年度調査結果から作成

2: 参考基準; pH、BOD、SS、DO、大腸菌群数は「水質汚濁に係る環境基準(昭和46年環境庁告示第59号)」の生活環境の保全に関する環境基準B類型(水道3級)基準

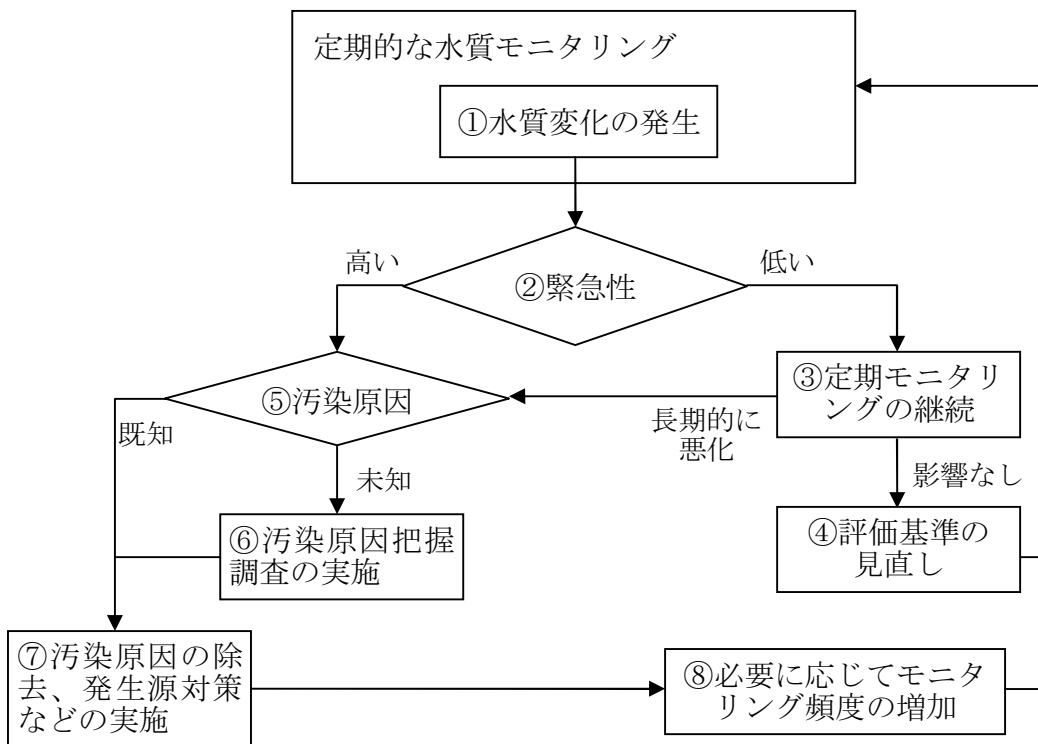
糞便性大腸菌群数は「水浴場判定基準(平成9年4月環水管第115号)」の水質C基準

硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素は「地下水の水質汚濁に係る環境基準(平成9年3月13日環境庁告示第10号)」

## 2) 水質変化への対応方針の検討

これまでは、湧水群水質に関する情報が十分ではなく、各調査回ごとの水質変化に対し、短期的な視点から考察を行ってきた。しかし、湧水群の季節的な変化や降雨など天候の状況により影響をうけて常に変化しており、今後は、長期的な視点から変化を捉え、必要な調査を実施していくことが求められる。そこで前項で示した評価の目安に対し、変動の範囲外（最大値・最小値の範囲外）、または、より悪化していることが確認された場合の対応方針について検討した。

以下に対処方針のフローを示す。



- ①：既往調査結果と比較して水質に変化が生じた場合には次の対応を検討する。
- ②：緊急性については、人の健康に影響を及ぼす可能性がある場合や環境基準値を大幅に超える様な場合を想定する。必要に応じて専門家へのヒアリングを行い判断する。
- ③：緊急性が低いと判断された場合には定期的なモニタリングを継続する。その後特に利水環境に問題が発生していないのであれば④進む。モニタリングの結果、長期的に悪化する傾向が認められた場合には⑤へ進み、汚染原因の調査など必要な対応を図る。

- ④：水質変化が確認された後、モニタリングにより一次的な変化であることが確認されたり、特に利水環境に影響がない場合には評価基準の見直しを行う。
- ⑤：緊急性が高いと判断された場合には、汚染原因の把握に努める。
- ⑥：汚染原因が明らかでない場合には、汚染原因把握のための調査を実施し、汚染源の特定を行う。
- ⑦：汚染原因が明確な場合には速やかに汚染原因の除去や、発生源対策を行い、水質の改善に努める。
- ⑧：対策後は、必要に応じてモニタリング頻度を増やすなどの措置をとり、対策の効果把握に努める。