〈資 料〉

フィリピンにおける地下水水質について

Ground water quality in the Philippines

大久保 俊 治*
Toshiharu OKUBO
美 和 彥 男***
Ikuo MIWA

大 塚 佳代子**
Kayoko OHTSUKA
野 手 草 生**
Fusao NODE

1. はじめに

フィリピンにおける水道水源は河川水を利用しているマニラ大都市圏や雨水しか利用できない地域を除くと、主として地下水（湧水を含む）に頼っているのが現状である。しかしながら、フィリピンの水道事業や地下水水質に関する報告はほとんどなく、水質データも十分蓄積されているとは言い難い。

本論文では、フィリピンの水道事業の現状を紹介する一方、フィリピンの主要4島における約100地点(10 provinces)の地下水水質調査結果をもとに平均的水質を明らかにしている。

2. フィリピンにおける水道事業

2.1 自然条件の概要

フィリピン諸島は南北1,850km, 東西1,100km に広がる約7,100の島々から構成されており、国土面積は日本の北海道と本州を合わせたものに相当し約299,400 km²となっている。フィリピン諸島は北緯4～21°の環太平洋火山帯に位置しており、活火山(8)および休火山(50以上)が点在し、全体的に起伏に富む地形となっている。平地はCayayan Valley(ルソン島北部)およびCatobato basin(ミンダナオ島)等をのぞくと海岸線に沿ってのみ存在している。農地面積は山間部でも農耕が進められているため全面積の約30%と比較的高く、森林は約40%となっている。

Fig. 1 Classification map of climate in the Philippines

気象・気候条件をみると、年平均気温26.7°C、年平均降雨量2,500mm/年であり、Koppen による分類では熱帯雨林タイプとなる。Fig. 1 にフィリピン諸島を雨季・乾季の有無等で分類したものを示す。図内の各タイプは次のような特徴を有する。

* 日本上下水道設計協会横浜事務所 〒231 横浜市中区尾上町3-35, Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd., Yokohama Office 3-35, Onouecho, Naka-ku, Yokohama city, 231 Japan

** 日本上下水道設計協会技術部 〒105 東京都港区海岸1-9-15, Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd., Technical Division 9-15, Kaigan 1-chome, Minato-ku, Tokyo, 105 Japan

*** 日本上下水道設計協会海外事業部 〒105 東京都港区海岸1-9-15, Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd., Oversea Division 9-15, Kaigan 1-chome, Minato-ku, Tokyo, 105 Japan

- (1)タイプ I : 雨季・乾季がはっきりしており、乾季は11月～4月である。
- (2)タイプ II : 年間を通じて乾季がなく、11月～1月に雨が多い。
- (3)タイプ III : タイプ I に比べ雨季・乾季がはっきりしない。
- (4)タイプ IV : タイプ II と同様乾季がなく、降雨時期や降雨量は様々である。

タイプ I および II の地域では降雨量が3,000mm/年以上と比較的雨量が多くなっている。タイプ III に属する内海の島々では降雨量が2,000mm/年以下で、タイプ IV の地域では地方により降雨量が大きく異なる特徴がある。

フィリピン諸島の起源は古生代であるといわれており、パラワン島北部やミンダナオ島西部で古生代の堆積岩が分布しているが、その後の地殻変動で諸島の大部分は新生代第3紀～第4紀の新しい岩石や堆積物で覆われている。そのため、地下帯水層は第3紀鮮新世から第4紀更新世の地質に分布しており、地下40m以内の帯水層が多い。また、山間部で高度300m以上の地域では断層やクラックに沿って湧水が現れていることが多い。

2.2 水道事業

フィリピンにおける水道供給方法の特徴を Table 1 に示す。レベル I は各戸の利用者が水源まで水を取りに行く方式で送・配水管はないものである。レベル II

Table 1 Classification of water supply facilities

	Feature of Water Supply and Planning Area	Water Supply Facility	Number of Households	Pumping up Capacity	Capital Cost
Level I	No water supply pipe and supply area less than 250m away from water source.	Water-intake structure with deep well, shallow well etc.	10~30 households	40~150 ℓ/min	Shallow well ₱ 70/Households Deep well ₱ 600/Households
Level II	Public service connection is established within 25m from water source and planning area is not identified.	Water-intake structure, distribution tank and distribution pipe.	About 100 households	40~80 ℓpcd	₱ 600/Households (Including water source development)
Level III	The service connections are extended up to private houses in high density area.	Water-intake structure, distribution tank, distribution pipe and service pipe.	More than 100 households	—	₱ 200/Households (Including water source development)

Table 2 Organizations related with water supply

Organization	Role
MPWH (Ministry of Public Works & Highways)	Construction and maintenance of water supply except sinking well, spring development, construction of stand post and MWSS or LWUA projects. (Organized in 1935)
MWSS (Metropolitan Waterworks & Sewerage System)	Maintenance of water supply and sewerage system in Metropolitan Manila. (The subject of 23 municipalities and 5 cities.)
LWUA (Local Water Utility Association)	Management of promotion, development, and revenue of water use of towns having populations less than 20,000
RWDC (Rural Waterworks Development Corporation)	Assists RWA (Rural Waterworks Association) which conducts water supply projects not covered by MWSS and LWUA projects.
NWRC (National Water Resources Council)	Adjustment and unification of all actions regarding development, preservation, and use of water source. (Established under MPWH in 1974)
MOH (Ministry of Health)	Approval of the source of water supply, Monitoring of water quality, and assistance for safe water supply.

は4～6戸を対象に共同栓があり、水源から共同栓までは配管が敷設されている方式である。レベルIIIは各戸に水道栓がある方式である。供給実績をみると、1980年でレベルIでの給水人口26%、レベルIIで1%、レベルIIIで16%、未給水人口（個別井戸、湧水や雨水利用）57%であるが、2000年にはレベルI 7%、レベルII 52%、レベルIII 34%とする計画で水道事業が進められている。

水道事業に係わる機関とその役割をTable 2に示す(1985年現在)。マニラ首都圏でのMWSSやLWUAによる2万人以上の市町村での事業を除くと、水道施設の建設や補修はMPWHが担当している。MOHは水源や飲料水の水質監視を行うが、水源開発時や給水開始までの期間はMPWHがその水質分析も行うシステムになっている。

Table 3 Classification of water sources

Province	Well			Spring
	Dug well	Shallow well	Deep well	
Albay	—	—	2	9
Capiz	4	1	1	1
Cavite	1	0	13	3
Ilocos Sur	4	—	4	1
Isabela	—	—	11	—
Negros	—	3	4	3
Pangasinan	—	—	8	—
Quezon	1	1	1	5
South Cotabato	—	—	6	4
Sultan Kudarat	—	1	2	3

3. フィリピンの地下水水質

3.1 対象地域および調査方法

現地調査は1984年6月～10月に行われ、調査地点はFig. 1に示す10地域(10provinces)である。対象水源は掘り井戸(dug well)9カ所、深さ10m未満の浅井戸(フィリピンでは10m未満の井戸を浅井戸と定義している)6カ所、10m以上の深井戸52カ所、湧水28カ所の合計95地点である。また、各地域ごとの対象水源

Table 4 Water quality parameter and sample numbers

water quality parameter	sample numbers
Water temperature	95
pH	95
E. C.	76
Alkalinity	90
Hardness	91
Cl ⁻	94
T-Fe	90
Mn	90
NH ₄ -N	72
NO ₃ -N	88
Turbidity	79

Note. E. C.: Electric Conductivity

Fig. 2 (1) Frequency distribution of Fe concentration

(2) Frequency distribution of Mn concentration

の内訳はTable 3に示すとおりであり、CapizやIlocos Surで掘り井戸が多く、Cavite, Isabela, PangasinanならびにSouth Cotabatoでは深井戸が多くなっている。また、湧水を水源としているのはマヨン火山の山麓に位置しているAlbayであった。対象地域の水道施設はTable 1に示すレベルIのものがほとんどであり、レベルIIの供給方式をとっているものも数箇所あったが、高架水槽まで揚水する電気代がかさむことや配水管の破損等の理由から、水源(井戸)まで水をくみくるレベルIの給水方式をとっている例が多かった。

Table 4に水質分析項目を示す。大腸菌群数は簡便法によって測定したのでここでは省くこととした。また、井戸の構造、地形、地質、疾病率等も調査したが、十分なデータが得られなかったので、水質調査結果についてののみまとめる。

3.2 水質頻度分布および平均水質

平均水質の算出はまず頻度分布の様式を求めて、正規分布の場合は算術平均、対数正規分布の場合は幾何平均をその水質の平均値とした。Fig. 2 (1), (2)に水質の累積確率分布の例を示す。Table 5に各水質の分布様式を示す。また、分布様式ごとに算出した平均値をTable 6に示す。Table 6より、各地域ごとの平均値は異なるが、電気伝導度、アルカリ度、硬度ならびにMn等が高い傾向がみられる。

3.3 地域別の水質について

地域別水質の特徴を調べるため、地域別平均値を全平均値に関して有意水準5%でt検定を行った。有意な差が生じた項目をTable 7に示す。Table 7より、Albay, Cavite, IlocosならびにQuezonで有意な差がある水質項目が多くなっていることがわかる。Albayはルソン島南部マヨン火山の山麓で湧水が多く、水質的には良好であり有意な差が生じているものと考えられる。Caviteはマニラ湾に面してタイプIの降雨地区であり、水質的にはMnが異常に高い傾向がある。Fig. 3にCaviteにおける主要な水質の濃度と海岸線からの距離を示す。Fig. 3より、Mnは海岸線に近い地区は

Table 5 Frequency distribution of water quality parameter

water quality parameter	freq. distribution	note
pH	normal	normal (Onagawa bay) ¹⁾
Alkalinity	normal	normal (Yodo river) ²⁾
E. C.	normal	normal (Yodo river・Kiso river) ²⁾
Hardness	log. normal	normal (Onagawa bay) ¹⁾
Cl ⁻	log. normal	
T-Fe	log. normal	
Mn	log. normal	
NH ₄ -N	log. normal	log. normal (Yodo river) ²⁾
NO ₃ -N	log. normal	log. normal (Yodo river) ²⁾
Turbidity	log. normal	

Note. E. C.: Electric Conductivity

Table 6 Average value of water quality in each province

Province	Albay	Capiz	Cavite	Ilocos	Isabela	Negros	Pan-gasinan	Quezon	South Cotabato	Sultan Kudarat	Total
pH (—)	6.6	7.4	7.0	7.5	7.5	7.2	7.9	7.6	6.9	7.2	7.3
W.T. (°C)	27.9	29.4	27.2	30.1	29.3	28.8	29.6	30.6	27.9	28.4	28.9
E.C. (μs·cm ⁻¹)	190	390	—	940	480	610	730	990	540	440	590
Alk. (mg·ℓ ⁻¹)	100	160	150	310	200	170	170	390	190	230	210
Hard. (mg·ℓ ⁻¹)	63	129	109	261	150	139	81	329	141	185	140
Cl ⁻ (mg·ℓ ⁻¹)	25	21	40	49	42	39	51	51	15	25	40
T-Fe (mg·ℓ ⁻¹)	0.018	0.254	0.030	0.022	0.037	0.104	0.034	0.014	0.050	0.222	0.044
Mn (mg·ℓ ⁻¹)	0.018	0.104	0.451	0.044	0.083	0.165	0.127	0.214	0.029	0.138	0.100
NH ₄ -N (mg·ℓ ⁻¹)	0.01	0.05	0.02	0.07	0.19	0.08	0.48	0.03	0.09	0.21	0.07
NO ₃ -N (mg·ℓ ⁻¹)	1.89	1.50	2.38	3.07	2.87	2.49	1.89	2.08	4.84	2.33	2.56
Turb. (deg.)	0.2	0.4	2.9	ND	0.2	0.1	ND	0.1	0.1	0.5	0.2

Note.

W.T.: Water Temperature
E.C.: Electric Conductivity
Alk.: Alkalinity
Hard.: Hardness
Turb.: Turbidity

ど上昇する傾向がみられるが、 Cl^- は明らかに海水浸入のある Kawit 地区のデータを除くと $50\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下であり、 Cl^- や Fe^{++} の濃度変化と海岸線からの距離の間にはっきりした傾向はみられない。Mn、 Cl^- 等の挙動を比較すると、Mn の上昇は海水浸入によるものではなく、地下水の流動に伴って地質・土質成分から重炭酸マンガンを塩化マンガンの形で溶出してくるものと考えられる。

Ilocos および Quezon はタイプ II の降雨地区に分類でき、それぞれルソン島北部および南部に位置している。両地域ともアルカリ度、硬度、電気伝導度が高い傾向があり、Ca や Mg などの溶存物質が多いことがわかる。特に、硬度は Ilocos で $260\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、Quezon で $330\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を示しており、硬水の目安である $150\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を超えている。

Table 7 Water quality parameter over the level of significance of 0.05

Planning Area	W.T.	pH	E.C.	Alk.	Hard.	Cl^-	T-Fe	Mn	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	Turb.
Albey	○	○	○	○	○			○	○	○	
Capiz			○				○				
Cavite	○	○		○				○			○
Ilocos	○										○
Isabela	○							○			
Negros Oriental											
Pangasinan		○						○			
Quezon			○	○	○		○			○	
South Cotabato	○							○		○	
Sultan Kudarat			○								

Note.

W.T. : Water Temperature

Alk. : Alkalinity

E.C. : Electric Conductivity

Hard. : Hardness

Turb. : Turbidity

Fig. 3 Distribution chart on average concentration of main water quality parameters

4. ま と め

本論文においてはフィリピンにおける水道事業の概要を紹介する一方、約100地点の地下水の水質調査結果より、フィリピンの地下水水質は溶存物質が多い特徴があることが明らかになった。

おわりに、フィリピンにおける現地調査は OECF 地方水道整備計画プロジェクトの一環として行われたも

のであり、両国関係者に感謝いたします。

(原稿受理 昭和63年1月18日)

参 考 文 献

- 1) 松本, 大村(1977)女川湾における細菌汚染の実態とその解析, 土木学会第5回環境問題シンポジウム。
- 2) 寺島, 神田(1975)河川日水質および負荷変動の統計的諸特性について, 土木学会第3回環境問題シンポジウム。

東京都内河川水中の界面活性剤の濃度分布と挙動

菊地 幹夫* 渡辺のぶ子** 小河原道正** 紺野 良子** 桜井 博** 中島 秀和**

* 東京都環境科学研究所 ** 東京都環境保全局

〈水質汚濁研究 Vol.11 No.4 (1988) pp.248~256〉

河川水中に存在する界面活性剤の種類及びその挙動を明らかにすることを主目的にして、東京都内10河川13地点を調査した。界面活性剤の濃度は、支川で高く、本川で低く、また、夏・秋に低く、冬に高かった。全陰イオン界面活性剤のうち、LASは73~82%で、AOSは2%で、サルフェート型陰イオン界面活性剤は8~23%であった。非イオン界面活性剤は全陰イオン界面活性剤の約10%の濃度で検出された。界面活性剤の濃度と生物化学的酸素要求量(BOD)濃度とは良い相関を示すことから、界面活性剤は河川を流下する過程であるいは生活排水処理により、BODと同程度に除去されることが分かった。界面活性剤の組成は、市販の製剤中と河川水中とはやや異なり、また季節によってもやや異なったことから、河川中での吸着・沈殿・分解および生活排水処理により、界面活性剤のある特定の成分は他の成分に優先して除去されることが分かった。

フィリピンにおける地下水水質について

大久保俊治* 大塚佳代子** 美和 彥男*** 野手 草生**

* 日本上下水道設計㈱横浜事務所 ** 日本上下水道設計㈱技術部 *** 日本上下水道設計㈱海外事業部

〈水質汚濁研究 Vol.11 No.4 (1988) pp.257~261〉

フィリピンにおける水道水源は主に地下水(湧水を含む)に頼っているのが現状である。しかしながら、フィリピンの水道事業やその水質に関する報告はほとんどない。

本論文ではフィリピンの水道事業の現状を紹介する一方、フィリピンの各プロビンス(provinces)ごとに水道事業および水質の特徴を把握した。また、フィリピンの地下水水質はアルカリ度やMnイオン等の溶存物質が多い傾向が見られた。