

亜熱帯地域（沖縄県）における負荷率の変動要因

㈱三水コンサルタント 大阪施設事業部 水道部 米谷 直晃

負荷率の計画値は、過去の実績値を用いて設定するのが一般的であるが、水道事業や地域の特性によっては、その値が「水道施設設計指針（公社）日本水道協会」に記載されている給水人口規模に対する負荷率の実績の範囲内に収まらない場合がある。例えば亜熱帯地域では、四季を通して温暖で気温差が小さいため、年間の水需要量の変動が小さく負荷率が高くなる傾向がある。本稿では、日本を代表する亜熱帯地域である沖縄県の水道を例に、負荷率の変動要因について報告する。

Key Words : 給水量推計、負荷率、亜熱帯、離島

1. はじめに

負荷率（Rate of loading）とは、「水道用語辞典（公社）日本水道協会」において次の通り記載されている。

「一日最大給水量に対する一日平均給水量の割合を示すもので、次式により算出する。
一日平均給水量÷一日最大給水量×100（%）この比率は、水道事業のような季節的な変動需要がある事業については、給水需要のピークに合わせて施設を建設することとなるため、需要変動が大きいほど施設の効率は悪くなり、負荷率が小となる。このことから負荷率を大にすることが経営の一つの目標となる。水道施設の効率性については、施設利用率、最大稼働率と併せて判断する必要がある。」

また、負荷率の設定方法については、「水道施設設計指針（公社）日本水道協会」（以下、設計指針という。）において次の通り記載されている。

「負荷率は、給水量の変動の大きさを示すものであり、都市の規模によって変化する他都市の性格、気象条件等によって左右される。一日最大給水量は、曜日・天候による水使用状況によって大きく影響を受け、時系列的傾向を有するものとは言えない。このため、負荷率の設定に当たっては、過去の実績値や、気象、渇水等による変動条件にも十分留意して、各々の都市の実情に応じて検討する。」

計画負荷率の設定に当たっては、過去の実績や給水の安定性等を総合的に勘案して設定し、近隣他都市の実績値や設計指針に掲載されている給水人口と負荷率の実績等と比較することにより、計画値の妥当性を確認する方法が一般的である。しかし、水道事業によっては、「水道施設設計指針（公社）日本水道協会」に記載されている給水人口規模に対する負荷率実績の範囲内に収まらない場合がある。本稿では、亜熱帯（沖縄県）では負荷率が高い傾向があることを報告するとともに、負荷率の変動要因について以下に考察する。

2. 沖縄県の負荷率実績

日本の水需要は、冬期の融雪水量が多い豪雪地域を除き、平均的に冬期よりも夏期の方が多く、その変動幅は一般的に年間の寒暖差が大きい地域よりも小さい地域の方が少ない。本稿では、亜熱帯地域である沖縄県内の上水道事業の負荷率実績（平成 29 年度）を、設計指針に掲載されている給水人口と負荷率の実績図（図-1）に重ねて示す。

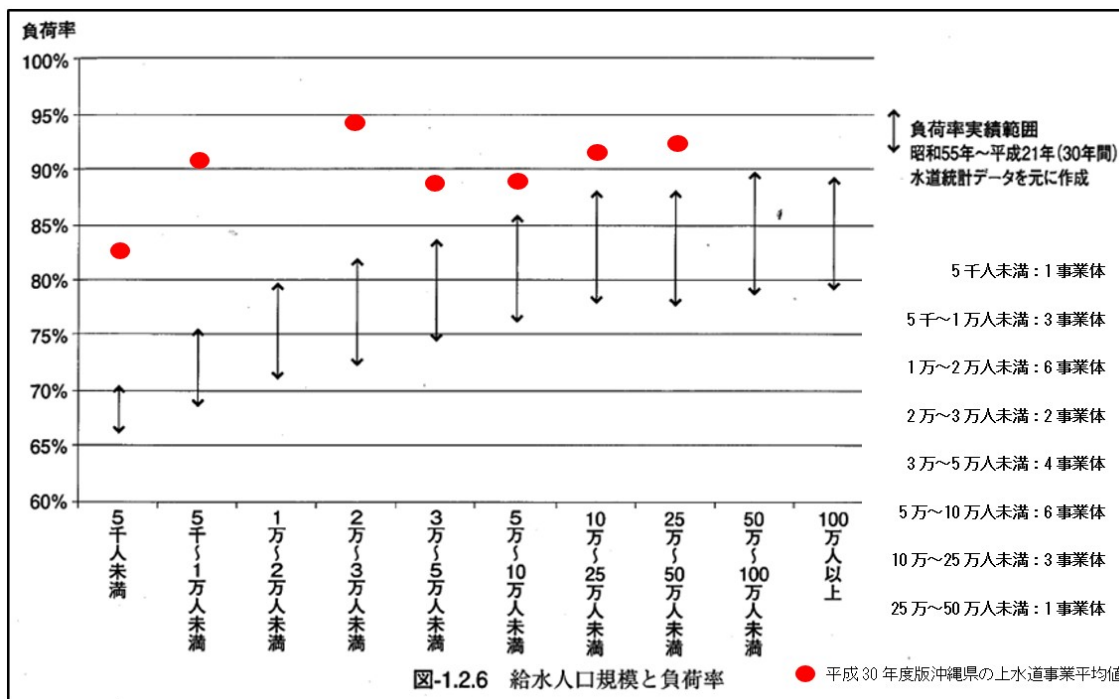


図 - 1 沖縄県内水道事業体の負荷率実績

図-1 のとおり、設計指針に掲載されている給水人口と負荷率の実績に比べて、沖縄県内すべての水道事業体の負荷率実績が高いことがわかる。

3. 沖縄県の負荷率が高い要因

気象庁が公表している沖縄県那覇の年間平均気温は、昭和 56 年から平成 22 年の 30 年間観測値平均において 24.1℃であり寒暖差は 18.2℃となっている。これは全国で平均気温が最も高く、寒暖差は最も小さい県となっており、気温の季節変動が少ない亜熱帯地域の気候特性が、沖縄県の負荷率を高くする要因のひとつであると考えられる。

また、沖縄県は都道府県別宿泊者数が全国的にも多い地域であることから、気象特性だけでなく、観光客数の多さが負荷率に及ぼす影響についても考察する。

(1) 観光客が及ぼす影響

沖縄県は全国的に観光客が多い地域であり、観光庁の資料（表-1）によると、2018 年の都道府県別の延べ宿泊者数は全国第 4 位、平均滞在日数は全国第 1 位となっている。

表 - 1 都道府県別の延べ宿泊者数及び平均滞在日数

都道府県別の延べ宿泊者数 (2018年)				都道府県別の平均滞在日数 (2018年)				
順位	都道府県	延べ宿泊者数	順位	都道府県	延べ宿泊者数	順位	都道府県	平均滞在日数
1	東京都	66,109,060	25	大分県	7,774,300	1	沖縄県	1.661
2	大阪府	39,897,970	26	岐阜県	6,851,630	2	京都府	1.539
3	北海道	35,308,590	27	岩手県	6,098,790	3	東京都	1.528
4	沖縄県	26,790,920	28	茨城県	5,892,150	4	大阪府	1.421
5	千葉県	25,586,050	29	岡山県	5,614,880	5	福島県	1.402
6	神奈川県	23,021,940	30	山形県	5,431,360	6	茨城県	1.375
7	静岡県	21,861,980	31	和歌山県	5,131,910	7	北海道	1.354
8	京都府	20,450,740	32	青森県	5,058,910	8	埼玉県	1.346
9	長野県	18,324,790	33	埼玉県	4,912,890	9	鹿児島県	1.343
10	愛知県	17,009,840	34	滋賀県	4,831,460	10	岩手県	1.337
11	福岡県	16,731,560	35	山口県	4,351,960	11	山形県	1.316
12	兵庫県	13,392,000	36	愛媛県	4,249,750	12	長野県	1.315
13	福島県	11,396,360	37	宮崎県	4,158,780	13	愛知県	1.314
14	宮城県	10,405,390	38	福井県	4,056,940	14	新潟県	1.306
15	広島県	9,899,270	39	香川県	4,048,330	15	千葉県	1.302
16	新潟県	9,770,880	40	富山県	3,780,400	16	福岡県	1.299
17	栃木県	9,469,560	41	鳥取県	3,562,640	17	宮城県	1.287
18	石川県	9,130,810	42	秋田県	3,505,130	18	山口県	1.285
19	三重県	8,900,660	43	高知県	3,014,560	19	佐賀県	1.284
20	鹿児島県	8,864,320	44	島根県	2,976,410	20	神奈川県	1.281
21	山梨県	8,612,760	45	佐賀県	2,752,990	21	奈良県	1.277
22	群馬県	8,305,480	46	奈良県	2,572,170	22	秋田県	1.273
23	熊本県	8,053,190	47	徳島県	2,223,980	23	岡山県	1.269
24	長崎県	7,855,080	合計	538,001,500	24	宮崎県	1.256	
							平均	1.332

出典：観光庁の宿泊旅行統計調査より編集

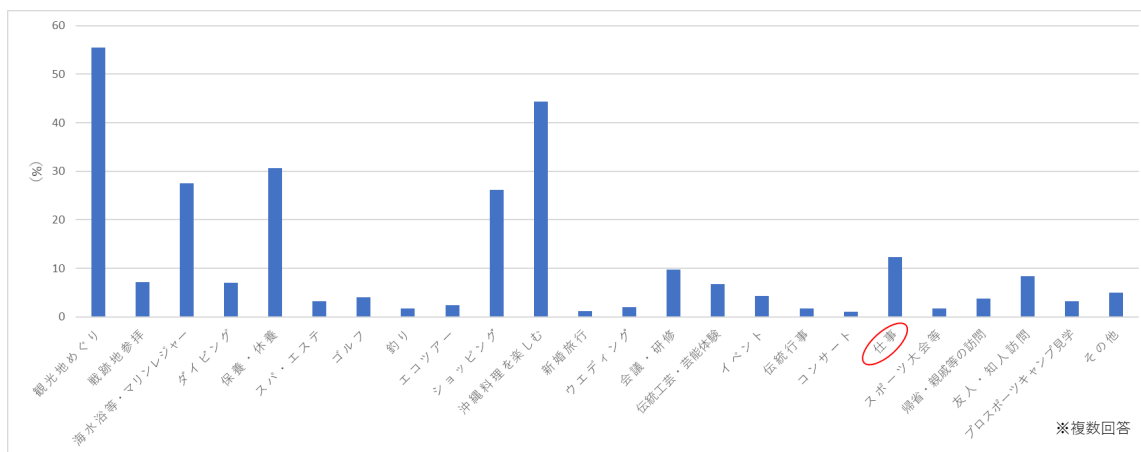


図 - 2 旅行目的内訳

出典：沖縄県 平成 30 年度観光統計実態調査報告書より編集

表-1によると、平成 30 年度（2018 年）の沖縄県における宿泊者数は約 2,679 万人であるが、沖縄県の人口は同年実績で約 143 万人であり、県民人口に対して年間約 19 倍の宿泊者数があった計算になる。同様に他の上位 3 都道府県をみると、東京都は約 5 倍（6610 万人/1351 万）、大阪府は約 5 倍（3989 万人/883 万人）、北海道（3530 万人/538 万人）は約 7 倍であり、沖縄県における宿泊者数の対人口比率の大きさが際立っている。

図-2 によると平成 30 年度の沖縄県を訪れる旅行者の目的は、観光に類するものが多く、仕事で沖縄県を訪れる人の割合は少ないことがわかる。

また、月別の観光客数（平成 28～30 年度）の推移は図-3 のとおりであり、夏期の 8 月が

ピークであるものの冬期も大きく減少することなく、年間を通して観光客数の多い状況にあることがわかる。

これらのことから、沖縄県においては観光客数の多さが水需要と負荷率に与えている影響が他県に比べて大きいものと推測される。

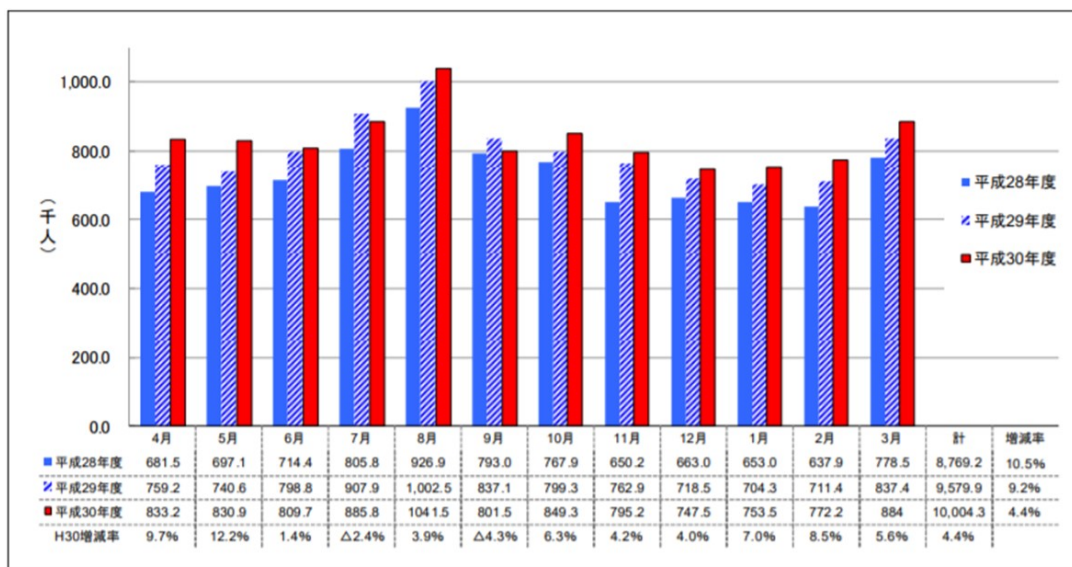


図 - 3 沖縄県の月別観光客数の推移（平成 28 年度～平成 30 年度）

出典：沖縄県 平成 30 年入域観光客統計概況より抜粋

(2) 離島における観光客数

来島者の水需要への影響が大きいと推測される沖縄県内離島における観光客数（平成 29 年度）の年間推移を図-4 に整理した。

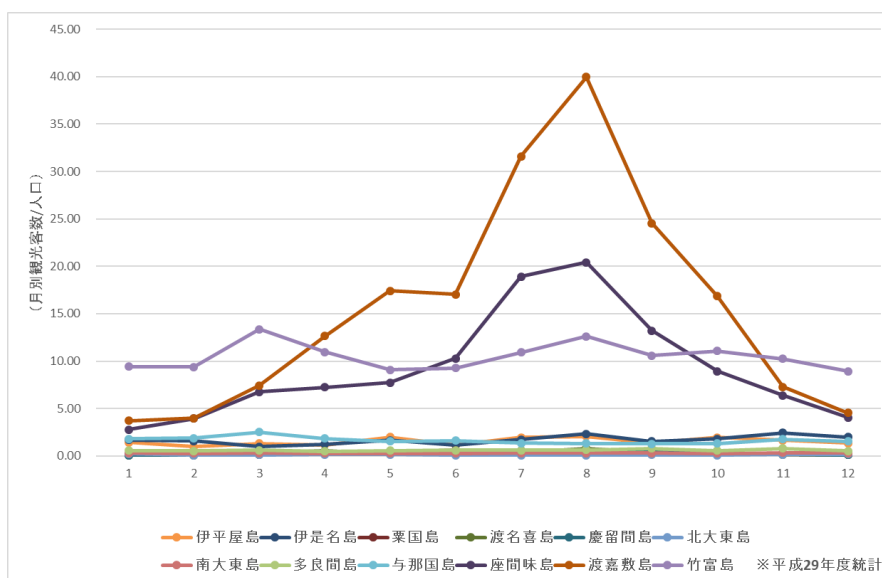


図 - 4 島内人口と観光客数の割合

月別観光客数の対島内人口の割合をみると、渡嘉敷島、座間味島、竹富島の 3 島の割合が突出して高く、春から秋にかけて月別で島内人口に対して 10 倍を上回る観光客が訪れている。しかし、観光客数の年間推移にはそれぞれの島で異なる傾向がある。渡嘉敷島と座間味島では夏期の比率が突出して高く、特に渡嘉敷島では 8 月に 40 倍に達しており、一日に島内人口を上回る観光客が訪れる日もあるが、冬期の観光客数は少なく季節変動が大きいため、これら 3 島の負荷率は、渡嘉敷村が 56.5%、座間味村が 70.6%、竹富島が 72.4%（平成 28 年度簡易水道統計より）となっており、人口別（5 千人未満）で見た沖縄県の上水道事業体 83.2%に比べて小さい状況にある。したがって、離島においては各々の地域特性により観光客数の季節変動が異なり、水需要への影響も一律ではないことに留意して負荷率を設定することが求められる。

(3) 観光客使用水量

観光客の使用水量については、神谷氏らによる「沖縄県離島地域における湧水問題と観光の影響に関する分析」において、座間味島における月別水量（表-2）が示されている。

表 - 2 座間味島における観光関係の水使用量

月	観光関係				観光以外（家庭、企業、学校等）			
	使用水量 (m ³)		観光客 1 人 1 日 (m ³)		使用水量 (m ³)		住民 1 人 1 日 (m ³)	
	平常	制限	平常	制限	平常	制限	平常	制限
4	1844	1823	0.573	0.541	3105	3148	0.168	0.167
5	2155	2202	0.574	0.584	3350	3232	0.175	0.166
6	1785	1874	0.404	0.434	2919	3029	0.158	0.161
7	3168	3843	0.427	0.418	3797	4408	0.196	0.230
8	3782	3613	0.394	0.325	4190	3778	0.217	0.198
9	2896	2601	0.421	0.408	3748	3351	0.200	0.181
10	2528	2270	0.592	0.495	3226	3091	0.166	0.162
11	2294	1974	0.797	0.712	3182	2950	0.169	0.159
12	1339	1326	0.608	0.617	2698	2313	0.141	0.121
1	1635	1563	0.824	0.926	3020	2822	0.158	0.147
2	1516	1285	0.576	0.573	3168	2923	0.181	0.167
3	1736	1444	0.518	0.408	3166	2707	0.165	0.142
Ave.	2223	2151	0.559	0.537	3297	3146	0.175	0.167

網掛け部は平常給水時より制限給水時の方が使用水量が多いことを意味する。

出典：神谷大介、赤松良久、宮良工：沖縄県離島地域における湧水問題と観光の影響に関する分析,pp I_16 抜粋

表-2 によると、観光客 1 人 1 日使用水量は住民 1 人 1 日使用水量の 2 倍～6 倍となっている。しかし、観光客の使用水量は夏期より冬期の方が多く、島民とは逆の使用状況になっていることから、年間を通してみると使用水量の平準化に寄与し、負荷率低下の抑制に繋がっていると考えられる。また、観光客使用水量が冬の方が多く島民は逆の理由としては、観光客の入浴習慣は、夏期にはシャワー、冬季には入浴することが多いが、沖縄県では年間を通してシャワーの水浴びで済ませることが多いためと考えられる。

4. 留意点

計画負荷率の設定に当たっては、過去の実績値や給水人口規模、気象による変動条件などの地域特性に十分留意して長期的傾向を把握するとともに、他の類似都市との比較を行い決定することが望ましい。一般的には、天気・気温等の気象条件、曜日、渇水、都市の性格、生活様式、企業活動等の様々な要因が複合的に影響して変動する。近年の傾向のみにとらわれて計画負荷率を設定すると、過去に発生した最低規模の負荷率と同じ状況になった場合、安定給水が困難となる。そのため過去の実績や、表-3 のような項目についても検討し設定する必要がある。

表 - 3 留意点

①	企業活動	商業・工業地域によって水需要に変化する。特に工業地域等では、盆正月に、操業停止しほとんど需要がなくなることがある。
②	年末年始、お盆、お祭り	都市部から人が地方部に流れるため、都市部の水需要が減少し、地方部の水需要が増加する。
③	船舶給水	離島などにクルーズ船等が立ち寄ると、一時的に大量の水需要が発生する。
④	リゾートホテル	リゾートホテルは、宿泊者の滞在時間が長いため、水使用量が他のホテルよりも増加する。

5. おわりに

負荷率は、水需要の変動に対応可能となるように設定すべきものである。過大に設定すると、計画 1 日最大給水量の低下を招き、水需要の変動に追従できないというリスクが生じる。逆に過小に設定すると施設規模が過大となり、施設稼働率の低下や施設建設を伴う場合は建設費の増大を招くことになる。本稿で述べた通り亜熱帯地域の離島などの場合には、気候条件だけではなく、観光客水量等の対象地域特性に留意して設定する必要がある。

【参考文献】

- 1) 日本水道協会：水道用語辞典第二版
- 2) 日本水道協会：水道施設設計指針 2012
- 3) 総務省：平成 27 年国勢調査
- 4) 神谷大介、赤松良久、宮良工：沖縄県離島地域における渇水問題と観光の影響に関する分析、土木学会論文集 G(環境), : pp13-18, 2013
- 5) 観光庁：宿泊旅行統計調査 2019
- 6) 沖縄県：平成 30 年入域観光客統計概況
- 7) 沖縄県：平成 30 年度観光統計実態調査報告書