9.横浜市における生活関連使用水量への影響 ―地球温暖化と新型コロナウィルス感染―

大西　暁生[1]*

[1]横浜市立大学データサイエンス学部（〒236-0027　横浜市金沢区瀬戸22-2）

＊ E-mail: *onishi@yokohama-cu.ac.jp*

本研究では，生活関連使用水量への影響について，二つの点に着目する．一つ目が地球温暖化であり，2つ目が新型コロナウィルス感染である．地球温暖化は，私達の生活に様々な影響を及ぼす．例えば，気温上昇によりある地域では洪水の頻度と強度が増す一方で，ある地域では渇水のリスクが高まる．こうした気象リスクに関する研究は多くあるものの，例えば気温上昇した場合に，水需要にどの程度影響するのか，とりわけ生活関連の使用水量に関する研究は多いとは言えない．また，新型コロナウィルス感染が拡大した中，使用水量にどのような影響が生じたのか等を扱った研究も多くない．

本研究では，横浜市を対象に，地球温暖化による気温上昇が生活関連の用途別使用水量に与える影響と，新型コロナウィルス感染禍における使用水量への影響を分析する．ここでは，用途を生活関連全般，家事用，業務用とする．さらに，要因として気象の要素，時間的・季節的な変化，家族や世帯状況などを考慮する．そして，これらの関係性を相関分析と重回帰分析によって把握・考察する．

Key Words : *global warming, Covid-19, Yokohama city, domestic water use*

1. はじめに

本研究では地球温暖化と新型コロナウィルス感染（以降は，新型コロナと称す）が生活関連使用水量に与える（与えた）影響について分析する．

地球温暖化の進行は，私達の生活に様々な影響を及ぼす．そのため，温暖化によって変化する気象リスクの悪化や私達の生活への影響に関する研究が多く行われてきた．例えば，三石ら[1)]は，世界の水需給変化について，GDP値を説明変数としたシミュレーションを行い，地域や国別に農業用水，上水，工業用水について水需要量を算出し，さらに気候変動モデルによる降雨量から水供給量を求め，水需給バランスを分析することで水ストレスを予想した．また，岡川ら[2)]は，世界全体の需要別水利用量の推計を前提として，統計的手法を用いて，所得と水需要の関係に加えて，既存研究では考慮されてこなかった政治的・社会的情勢，固有の文化的背景を含む生活様式といった所得以外の要因を考慮し，国別生活用水需要量推計のためのモデルの開発を試みた．さらに，筆者ら[3)]も日本全国都道府県を対象に，将来のセクター別水需要量（農業用水，工業用水，生活用水）を推計するシミュレーションモデルを構築し，水供給可能量（水資源賦存量）との関係を水需給ギャップとして把握した．しかし，ほとんどの研究では，生活に関係する経済やライフスタイル等をある程度考慮しているものの，気温といった自然的な条件の変化の影響に着目した研究は少なく，特に生活関連の使用水量にどの程度影響するのかを分析した研究は多くない．

また，新型コロナ禍における緊急事態宣言下において，外出自粛やリモートワーク・遠隔授業等の普及によるライフスタイルや生活環境の変化が，生活関連の使用水量にどのような影響を与えたのかはあまり定かではない．そのような中，武田ら[4)]は，新型コロナ禍における水需要の変化を分析し，生活用水量の増加・都市活動用水量の減少という水需要構造の変化が見られたことを示した．また，川邊・江上[5)]は，新型コロナ禍により家庭での水需要を主体として配水量の増加に影響を与えるとともに，市民の生活リズムや行動の変化に伴い，盆・年末年始等の特異日や時間帯ごとの水道利用に変化をもたらしたことを推察した．ただし，特に本研究のように，生活関連の使用水量に影響を与える（与えた）地球温暖化と新型コロナの双方に着目した研究はない．これらは，現在生

じている問題ということだけではなく，将来に渡って生じ得る問題でもあるため，これらの影響の事前の理解は必須である．

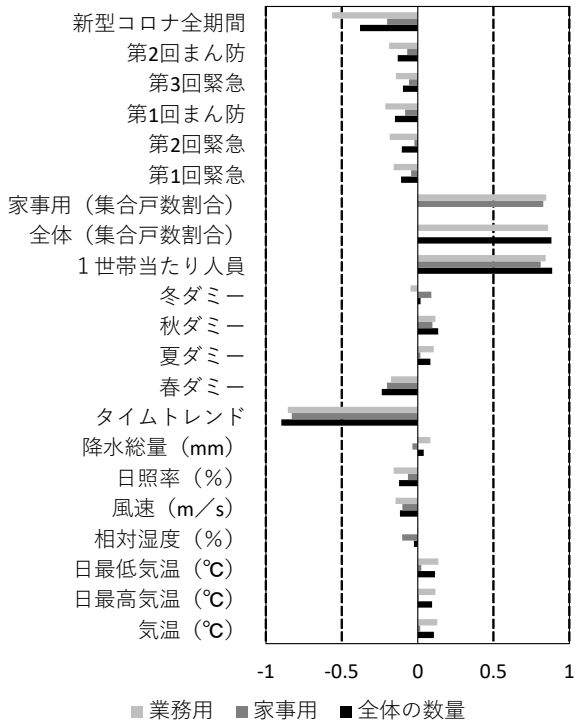


図-1 用途別使用水量と各要因の相関分析の結果

そのため本研究では，横浜市を対象に，地球温暖化による気温上昇が生活関連の用途別使用水量に与える影響と，新型コロナ禍における使用水量への影響を分析する．ここでは，月別データを用いることで，気温などの気象変動に対する水使用量の感度が，年単位のデータを使用するより敏感に推定される．本研究での用途別とは，家事用と業務用，またこれらにその他を合算した生活関連全般（ただし，公衆浴場用は除外している．以降は，全体の数量ないしは全体の使用水量と称す）を対象とし，これらを各戸数で除した値を用いる．使用水量に与える要因として，気象の要素，時系列的な変化，季節的な変化，家族や世帯状況等を考慮する．そして，これらの関係性を相関分析や重回帰分析することで，気温や新型コロナと生活関連使用水量との関係を考察する．

本研究における最終的な狙いの1つ目は，将来の生活用水に関する需要量を把握することであり，これによって上水道インフラ維持等をどのように維持管理していくか等を考察することにある．狙いの2つ目は，新型コロナ禍のように，私達の生活様式や環境が変わった場合に，どの程度生活関連の使用水量に影響を与えるのかを分析し，その挙動を把握しておくことにある．本研究は，これらの狙いの第一歩である．

表-1 全体の数量と各要因の重回帰分析の結果（新型コロナ全期間）

変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	VIF	偏相関
気温（℃）	0.097	0.380	13.234**	2.199	0.636
秋ダミー	0.828	0.196	9.471**	1.137	0.508
冬ダミー	1.541	0.364	12.173**	2.386	0.604
１世帯当たり人員	19.471	1.025	43.144**	1.503	0.937
新型コロナ全期間	1.263	0.209	8.806**	1.499	0.481
定数項	-28.731	—	-26.687**	—	—

R^2=0.903，adj. R^2=0.901，** : P<0.01，N＝264

表-2 全体の数量と各要因の重回帰分析の結果（詳細期間）

変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	VIF	偏相関
気温（℃）	0.099	0.391	12.935**	2.257	0.630
秋ダミー	0.896	0.212	9.755**	1.164	0.522
冬ダミー	1.590	0.376	11.994**	2.427	0.601
１世帯当たり人員	18.525	0.975	43.653**	1.233	0.939
第１回緊急	1.024	0.048	2.365*	1.038	0.147
第２回緊急	1.615	0.093	4.504**	1.063	0.272
第１回まん防	1.364	0.091	4.332**	1.090	0.262
第３回緊急	0.728	0.034	1.674	1.048	0.104
第２回まん防	1.655	0.096	4.578**	1.080	0.276
定数項	-26.553	—	-26.152**	—	—

R^2=0.897，adj. R^2=0.894，* : P<0.05，** : P<0.01，N＝264

表-3 家事用の使用水量と各要因の重回帰分析の結果（新型コロナ全期間）

変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	VIF	偏相関
気温（℃）	0.041	0.276	6.603**	2.195	0.380
秋ダミー	0.407	0.165	5.482**	1.136	0.323
冬ダミー	0.832	0.337	7.748**	2.383	0.434
家事用（集合戸数割合）	83.880	0.963	29.846**	1.308	0.881
新型コロナ全期間	0.917	0.260	8.070**	1.305	0.449
定数項	8.707	—	35.990**	—	—

R^2=0.795，adj. R^2=0.791，** : P<0.01，N＝264

表-4 家事用の使用水量と各要因の重回帰分析の結果（詳細期間）

変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	VIF	偏相関
気温（℃）	0.043	0.291	6.623**	2.253	0.384
秋ダミー	0.461	0.187	5.920**	1.162	0.348
冬ダミー	0.883	0.358	7.849**	2.422	0.442
家事用（集合戸数割合）	79.177	0.909	29.006**	1.143	0.876
第1回緊急	1.197	0.097	3.264**	1.032	0.201
第2回緊急	1.227	0.122	4.066**	1.044	0.247
第1回まん防	0.940	0.108	3.562**	1.060	0.218
第3回緊急	0.536	0.044	1.460	1.034	0.091
第2回まん防	0.950	0.094	3.132**	1.055	0.193
定数項	9.004	—	37.355**	—	—

R^2=0.782，adj. R^2=0.774，** : P<0.01，N＝264

2. 使用したデータ

本研究では，横浜市が公開している2000年4月～2022年3月の月別データ[6]を主に用いる．使用したデータは，用途別使用水量（千m^3：月別），給水戸数（年度別），気温（℃：月別），日最高気温（℃：月別），日最低気温（℃：月別），相対湿度（%：月別），風速（m/s：月別），日照率（%：月別），降水総量（mm：月別），１世帯当たり人員（人／世帯：月別），全体の数量と家事用については集合戸数が分かるため，それらの比率（月別の数量を年別の戸数で除した値）を用いる．横浜市水道局に聞いたところ，集合戸数とは，1つのメーターを2世帯以上で使用する場合に申請できる「基本戸数適用制度」を適用している戸数になるとの回答であった．また，横浜市水道局によると，以前は，2世帯住宅で使用している多くがこの制度を申請していたが，現在は2世帯住宅の家を新築する際には，１Fと２Fでメーターを設置して請求を分ける場合が多いため，減少しているものと思われるという回答であった．さらに，時系列的な変化はトレンドダミーを，また季節的な変化は春夏秋冬のダミーを各々設定する．季節は3月を春のスタートとし，3か月ごとにダミーを設定する．また，新型コロナウィルスの影響を考慮するため，第1回緊急事態宣言（2020年4月と5月），第2回（2021年1～3月），第3回（2021年8月と9月），第1回まん延防止等重点措置（2021年4～7月）と第2回（2022年1～3月）とし，新型コロナ全期間を2020年1月～2022年3月としたダミー変数を用いる．なお，分析では緊急事態宣言等の時期（以降は，詳細期間と称す）を考慮した場合と，全期間を設定した二通りの結果を示す．

3. 分析手法

本研究では，まず用途別使用水量と各要因について相関分析する．これによって，使用水量と各要因との関係が概ね把握できる．次に，用途別使用水量を被説明変数とし，各要因を説明変数とする重回帰分析を行う．この際，多重共線性が発生する場合は，VIF（分散拡大係数：variance inflation factor）等をもとに変数選択する．最後に，得られた結果について考察する．

4. 分析結果

(1) 用途別使用水量と各要因の相関分析の結果

図-1に，用途別使用水量と各要因の相関分析の結果を示す．全体の数量，家事用，業務用は，多少傾向が異なるものの，概ね同様の結果を示した．正の相関係数として顕著なのは，全体の数量と家事用の集合戸数割合，１

表-5 業務用の使用水量と各要因の重回帰分析の結果（新型コロナ全期間）

変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	VIF	偏相関
日照率（%）	-0.264	-0.118	-2.375*	1.006	-0.146
春ダミー	-11.040	-0.173	-3.481**	1.000	-0.211
新型コロナ全期間	-50.582	-0.553	-11.128**	1.006	-0.568
定数項	105.541	—	19.222**	—	—

R^2=0.361，adj. R^2=0.354，* : P<0.05，** : P<0.01，N＝264

表-6 業務用の使用水量と各要因の重回帰分析の結果（詳細期間）

変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	VIF	偏相関
日照率（%）	-0.306	-0.137	-2.409*	1.036	-0.149
春ダミー	-8.998	-0.141	-2.483*	1.033	-0.153
第1回緊急	-45.571	-0.143	-2.529*	1.025	-0.156
第2回緊急	-44.848	-0.172	-3.051**	1.019	-0.187
第1回まん防	-49.479	-0.218	-3.900**	1.008	-0.237
第3回緊急	-53.042	-0.166	-2.969**	1.007	-0.182
第2回まん防	-46.516	-0.178	-3.172**	1.014	-0.194
定数項	104.360	—	16.662**	—	—

R^2=0.205，adj. R^2=0.183，* : P<0.05，** : P<0.01，N＝264

世帯当たり人員である．他方，負の相関係数として顕著なのは，タイムトレンドや新型コロナ禍のダミー変数等である．ただし，緊急事態宣言等も含め，新型コロナ禍において，家事用よりも業務用の方が負の相関が強いことが特徴的である．この新型コロナに関する相関係数の結果の読み取りについては，次節の偏相関係数での検討を加えて補足する．

相関係数はさほど高くないが，傾向として伺えるのは，気温をはじめとした気象に関する相関は，業務用で多少関係性が高く，他方で家事用等は低いことである．同様に，季節ダミーも，春において負の相関があることが全体の数量，家事用，業務用で共通している．ただし，特に夏や春といった季節においては，業務の方が相関関係が伺える．

(2) 用途別使用水量と各要因の重回帰分析の結果

表-1に全体の数量と各要因の重回帰分析の結果（新型コロナ全期間）を，**表-2**に詳細期間の結果を示す．自由度調整済み決定係数（adj. R^2）は高く，得られた推定式の精度の高さが伺える．推定された回帰係数は，新型コロナ全期間において，すべての変数で1%有意水準を満たしており，また詳細期間においても概ね1%ないしは5%の有意水準を満たしている．さらに，変数間の多重共線性の指標であるVIFも問題ない．ここで，**図-1**で示した新型コロナ関連の変数は，使用水量と負の相関関係が伺えたが，偏相関係数を求めると，正の係数となった．これは，季節ダミー等の影響を除去すると結果が異なり，全体の使用水量に対して，正の要因となっていることを示していると考えられる．ただし，これについては今後更なる検討が必要である．概して，気温，秋と冬のダミー変数，1世帯当たり人員が正の係数として抽出された．特に，地球温暖化による気温上昇は全体の使用水量の増加に寄与することが考えられる．ただし，これはあくまでも給水戸数当たりに対する使用水量の増加を意味しており，全体の使用水総量が増加することを意味している訳ではないことに留意する必要がある．

表-3に家事用の使用水量と各要因の重回帰分析の結果（新型コロナ全期間）を，**表-4**に詳細期間の結果を示す．ここで得られた結果は，全体の数量の傾向と概ね同様である．特筆すべきは，標準偏回帰係数の結果を見ると，集合戸数の係数が最も高く，家事用の使用水量に大きく影響していることが分かる．また，気温も正の要因となっている．

表-5に業務用の使用水量と各要因の重回帰分析の結果（新型コロナ全期間）を，**表-6**に詳細期間の結果を示す．自由度調整済み決定係数（adj. R^2）はあまり高くないが，推定された回帰係数は，概ね1%ないしは5%の有意水準を満たしている．さらに，変数間の多重共線性の指標であるVIFも問題ない．ここで，新型コロナ関連の変数を含め，**図-1**で示した変数とここで示す推定結果において単相関係数と偏相関係数の正負の符号は同様である．日照率，春ダミー変数，新型コロナ関連のすべてにおいて負の係数となった．特に，標準偏回帰係数の結果を見ると，新型コロナ関連の変数の影響が強く，特に第1回まん延防止等重点措置の係数が最も低かった．これは，リモートワークや遠隔授業等の普及により，オフィスや学

校等での滞在が，自宅等で過ごす時間より減ったことが影響していると考えられる．**表-3**と**表-4**の家事用の使用水量における新型コロナ関連の変数が正の要因として推定されたことがこれを裏付けていると考えられる．ただし，前述したように，これについては更なる検討が必要である．

5. おわりに

本研究では横浜市を対象に，地球温暖化による気温上昇が生活関連の用途別使用水量に与える影響を分析した．また，あわせて新型コロナ禍で生じたような生活様式や環境の変化が，どの程度生活関連の使用水量に影響したかを分析した．

今後の課題として，使用水総量については，今回用いた原単位（給水戸数当たりの使用水量）だけではなく，給水戸数自体によって変わるため，人口動態等を踏まえて，将来の戸数がどうなるのかをあわせて検討する必要がある．

謝辞：本研究は，文部科学省気候変動予測先端研究プログラム JPMXD0722678534，横浜市立大学戦略的研究推進事業から助成を受けたものである．また，横浜市水道局から使用したデータについてご助言を頂いた．ここに，謝意を表する．

REFERENCES

1) 三石真也，唐澤仁士，新井勝明：気候変動による世界の水需給変化と社会的影響予測，水文・水資源学会誌，25 巻 2 号，pp. 103-112，2012.
2) 岡川梓，肱岡靖明，金森有子：国別生活用水需要の将来推計のためのモデル開発－水道用水需要量に着目して－，環境科学会誌，26 巻 3 号，pp. 244-256，2013.
3) 大西暁生，佐藤嘉展，佐尾博志：全国都道府県別における将来水需給ギャップの把握，土木学会論文集 G（環境），71 巻 5 号，地球環境研究論文集第 23 巻，pp. 369-382，2015.
4) 武田風史，益﨑大輔，池田拓哉，川上紀彦，岡本実乃里，坂本順子，圓佛伊智朗，福島学：COVID-19 感染拡大による水需要への影響と水需要構造の分析，令和 3 年度全国会議（水道研究発表会）講演集，セッション ID: 2-6，2022.
5) 川邊典和，江上健太郎：新型コロナウイルス感染症（COVID-19）感染拡大防止措置に伴う配水量への影響分析，令和 3 年度全国会議（水道研究発表会）講演集，セッション ID: 5-63，2022.
6) 横浜市統計書：https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/yokohamashi/tokei-chosa/portal/tokeisho/