

断水実験による住民の渇水受忍限度に関する実態調査

三石真也* 依田憲彦** 豊田忠宏***

1. はじめに

我が国の過去の渇水調整においては、一般的に河川流量の他、ダム貯水率やその枯渇見通しを意識しつつ取水制限が実施され、住民の渇水への耐性すなわち渇水を受忍できるか否かについては、考慮されてこなかった。このため、一部の地域にあっては、住民が高水準の取水制限に耐えかね、渇水疎開や短期間に取水制限が修正されたケースも発生した。

本研究は、利水者の渇水受忍レベルに配慮した合理的な渇水調整を行うべく、妥当な取水制限率を設定するための分析を実施したものである。具体的には、人工的に取水を制限する断水社会実験をさまざまな階層の住民を対象として行い、アンケートにより断水時に被害として認識された事項を把握した。そして、結果について統計解析し、渇水時における災害時要援護者を特定するとともに渇水受忍レベルを設定した。さらに、これらを活用しつつ、ダムにおける合理的な取水制限の設定手法について、過去に発生した渇水を対象にシミュレーションを実施した。

2. 断水社会実験の概要

淀川ダム統合管理事務所は、一般家庭における渇水時の要援護者の属性を特定するとともに、渇水被害や渇水受忍レベルを把握することを目的として、枚方市の協力を得つつ、淀川水系に水源を依存する大阪府枚方市の住民を対象に断水社会実験を実施した。その具体的内容は、表-1に示すとおり、意識的に水を使用しない人工断水（写真-1）を発生させ、その被害について、アンケート調査を実施するものである。実験対象者の構成割合は、表-2に示すとおりである。実験実施期間は8日であったが、渇水は一般的に長期に及ぶことを踏まえ、アンケート調査においては、断水が最長90日に及んだ場合も想定して表-3に示すように、

渇水の厳しさの度合いを段階別（断水時間、制限期間）に記入していただき、受忍レベル把握に資するデータを取得した。

表-1 断水社会実験の概要

項目	条件
実施時期	平成21年9月25日～10月9日
断水時間	事前期間（断水を行わない）を6日 6時間断水を3日 9時間断水を3日 12時間断水を2日 の計14日間
参加者数	60世帯 153名



写真-1 枚方市における断水社会実験

表-2 実験対象者の属性と構成割合

属性	カテゴリー	割合
性別	男	48.7%
	女	51.3%
年齢	20歳未満	21.7%
	20歳～64歳	60.5%
	65歳以上	17.8%
家族構成	1人暮らし	3.3%
	2人家族	29.6%
	3人家族	11.8%
	4人以上	55.3%
高齢者の存在	有	27.0%
	無	73.0%
幼児の存在	有	9.2%
	無	90.8%
就業の有無	有	48.0%
	無	52.0%
住居状況	一戸建て	70.4%
	集合住宅	29.6%
断水経験	有	47.4%
	無	52.6%
節水意識	強い	62.5%
	弱い	37.5%

Analysis of water shortage tolerance by suspension of the water supply

表-3 湯水被害のアンケートの例

Q3-1 断水時間についての質問です。
断水が長時間続いた場合を想像して、該当すると思う厳しさの度合い(表中の番号)に○をつけ
下さい。

断水時間	2〜3日連続			1週間連続			1ヶ月連続			3ヶ月連続		
6時間断水	1 2 3	4 5 6	7 8 9									
9時間断水	1 2 3	4 5 6	7 8 9									
12時間断水	1 2 3	4 5 6	7 8 9									

3. 調査結果の分析と評価

3.1 数量化Ⅱ類を利用した属性の分析

国総研はアンケート結果の分析と評価を実施した。まず、湯水受忍の可否について影響度が高い属性を特定し、湯水耐性が弱い属性を抽出することを目的として調査結果の分析を行った。ここに、統計解析手法のうち、数量化Ⅱ類は、目的変数、説明変数ともに数量化できない質的データを取り扱う条件の下、説明変数のカテゴリースコアから目的変数への影響度を把握することが可能である。このことから、数量化Ⅱ類を統計手法として採用し、目的変数に受忍可否を、説明関数には属性をそれぞれ設定した。ここに、属性は国総研プロジェクト研究報告第14号¹⁾を参考に表-2に示すように、性別、年齢、家族構成、高齢者の存在等を設定した。設定した属性を用いて、断水時間、制限期間別に(1)式に示すモデル式を作成した。

$$Y = a_1X_{11} + b_1X_{12} + c_1X_{21} + d_1X_{22} + e_1X_{23} + f_1X_{24} + \dots (1)$$

Y: 目的変数(受忍の可否)

X_{ij}: 説明変数(各属性)

X_{1j}: 性別 X_{2j}: 家族構成...

a_i, b_i, c_i, ...: カテゴリースコア(目的変数への影響度)

目的変数Yについて、受忍可であれば1、不可であれば0とし、説明変数X_{ij}について、モニター属性として該当する場合には1、該当しない場合には0を設定して関係式を作成した。次に目的変数0、1のグループを判別するため、相関比が最大となるよう連立方程式を解いた。ここに、各説明変数のカテゴリースコアが正であれば受忍可、負であれば受忍不可に働く因子であると考えられる。

3.2 湯水耐性の弱い属性

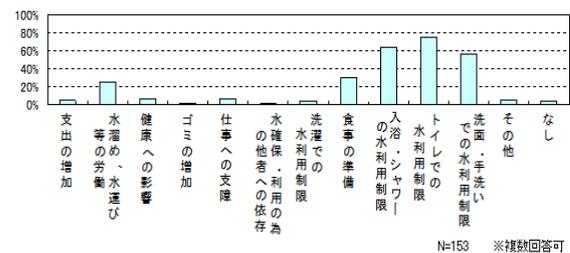
分析結果を表-4に示す。カテゴリースコアが負であり、かつその絶対値が大きい属性を抽出することにより、湯水について受忍不可である属性を

求めることができる。すなわち、家族構成、高齢者の存在が影響度の高い属性と言え、特に、「家族人数の多い世帯」、「65歳以上のみの世帯」が受忍不可に働く因子と見られる。アンケート調査においては、湯水実験期間を通して特に困ったことや辛かったことを回答いただいております、その結果は、図-1のとおりである。この回答から、家族人数が多い場合は、水道使用可能時間が限定されるため、トイレや入浴・シャワーを行う時間帯が家族間で集中し、不便を感じるということが認識できた。また、65歳以上のみの世帯の場合、水溜め、水運び等の労働が負担になることが判明した。

表-4 分析結果(カテゴリースコア)

属性	カテゴリー	カテゴリースコア							
		6時間断水		9時間断水		12時間断水		3ヶ月連続	
		3ヶ月連続	1ヶ月連続	3ヶ月連続	2〜3日連続	1週間連続	1ヶ月連続	3ヶ月連続	
性別	男	-0.52	-0.56	-0.42	-0.57	-0.43	-0.37	-0.31	
	女	0.49	0.53	0.40	0.54	0.41	0.35	0.29	
年齢	20歳未満	0.12	0.05	1.12	0.84	0.71	0.81	0.76	
	20歳〜64歳	-0.09	-0.42	-0.45	-0.42	-0.26	-0.36	-0.48	
	65歳以上	0.17	1.35	0.15	0.40	0.01	0.22	0.70	
家族構成	1人	-0.20	1.52	0.03	2.53	2.24	3.27	2.87	
	2人	1.17	0.36	0.55	0.38	0.36	0.80	0.59	
	3人	-1.83	-1.62	-1.33	-1.45	-1.37	-1.04	-1.26	
	4人以上	-0.22	0.06	-0.01	-0.05	-0.03	-0.40	-0.22	
高齢者の存在	65歳以上のみ	-0.67	-2.19	-1.38	-1.45	0.19	-2.02	-2.25	
	65歳以上+65歳未満	-0.86	0.29	0.74	0.42	0.99	1.15	1.20	
	65歳未満のみ	0.29	0.27	0.05	0.13	-0.24	0.06	0.09	
幼児の存在	幼児がいる家庭	0.89	0.92	1.51	-0.31	-0.58	-0.77	-0.19	
	幼児のいない家庭	-0.09	-0.09	-0.15	0.03	0.06	0.08	0.02	
就業の有無	仕事に就いている	0.19	0.80	0.31	0.75	0.46	0.42	0.57	
	仕事に就いていない	-0.18	-0.74	-0.29	-0.69	-0.42	-0.39	-0.53	
住居状況	一戸建て	-0.15	-0.04	-0.08	0.15	0.03	0.03	0.03	
	集合住宅	0.36	0.09	0.20	-0.36	-0.06	-0.06	-0.08	
断水経験	断水体験有り	-0.09	0.03	0.39	0.21	0.06	0.07	0.20	
	断水体験無し	0.08	-0.03	-0.35	-0.19	-0.05	-0.06	-0.18	
断水意識	断水意識強い	0.00	0.24	0.17	0.24	0.25	0.16	0.23	
	断水意識弱い	0.00	-0.40	-0.28	-0.40	-0.41	-0.27	-0.39	

注) 「カテゴリースコアが正: 受忍可」、「カテゴリースコアが負: 受忍不可」を示す。



3.3 湯水受忍レベルの設定

次に断水が長期間続いた場合の湯水受忍レベルを評価するため、断水期間と断水時間によりマトリックスで整理した。アンケート調査において、「厳しい」と回答した割合をプロットし、回答比率が50%となる回帰曲線を内挿法により求めた。同様に、「厳しい」及び「やや厳しい」と回答した割合が50%となる回帰曲線も求めた。結果は、

図-2に示すとおりであり、2つの回帰曲線により受忍レベルを3区分に設定した。受忍レベル1は過半数の人が普段と変わらない生活を送ることができ、受忍レベル2は、不便苦痛を感じるが、我慢できる水準である。受忍レベル3は、過半数の人が我慢できないレベルであり、受忍限界を超過していると考えられる。図-2から、断水期間が長期に及ぶに従って、渇水に対して受忍できない人の割合が多くなり、回帰曲線が右肩下がりとなることがわかる。

さらに、3.2において渇水耐性の弱い属性と特定された「家族人員が多い世帯」、「65歳以上のみの世帯」を対象として同様の解析を行い、回帰曲線を求めた。結果は、図-2に点線及び一点鎖線で示すとおりであり、特に「65歳以上のみの世帯」の受忍レベルが一般家庭に比べて低く、かつ断水が長期化するに連れて、その乖離が大きくなる傾向が判明した。これは、渇水が長期化した場合、一般家庭と比べて体力的に弱いことから、通常時の生活と異なる水溜め・水運び等の労働が時間の経過とともに負担となるものと推察される。「家族人員が多い世帯」についても、一般家庭に比べて受忍レベルの回帰曲線がやや低い傾向が見られるが、その乖離は65歳以上のみの世帯に比べれば小さい。

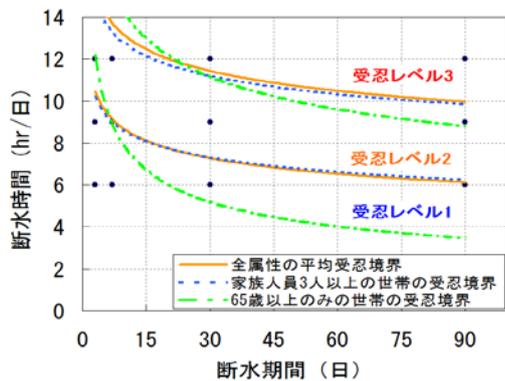


図-2 受忍レベル図

4. 受忍レベルを踏まえたダム運用シミュレーション

ここでは、3. で求めた受忍レベルを活用しつつ、渇水時において、住民が我慢できる範囲で節水を継続しつつ、ダムによる安定的な水供給を実施する手法の開発に向けてシミュレーションを実施した。

検討対象地域は、近年、断水等の厳しい渇水を

経験している吉野川水系高松市、徳島市、高知市を選定し、検討対象年は、長期間断水が継続した平成6年とした。

モデルは、吉野川流域を6つの流域に分割し、ダムによる貯留、補給を行うとともに、水利権量の取水を加えた。ここに取水量については、取水制限率により増減させている。吉野川以外の水源を有している利水者については、吉野川に係わる水源のみ取水制限がかかるものと仮定し、導水ロスは考慮していない。シミュレーションにおいては、受忍レベルを踏まえて設定した断水時間を給水制限率に変換する必要があるため、高松市における断水時の断水時間、給水制限率の関係について図-3に示すように回帰式を作成し、これを利用した。

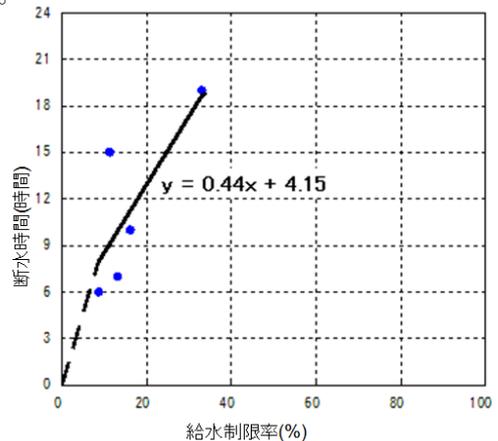


図-3 断水時間と給水制限率の相関式

平成6年渇水時に、高松市においては、早明浦ダム補給水量について、図-4に示すような取水制限を設定した（断水時間に換算して表示）。ところが、3. において把握した受忍レベル回帰曲線を当該渇水に適用すれば、住民が我慢できる水準の取水制限は、図-4の赤線に示すとおりであり、実際に適用された取水制限は、住民が我慢できる受忍レベルを超過していたものと推察される。ここに、受忍レベル1又は2で適切に取水制限を設定する手法として、同図の青線による案を提案して、早明浦ダムの貯水率の動向をシミュレーションした。結果は、図-4のとおりであり、最低貯水量となった7月24日においても6,437m³の貯水量が残った。なお、実際の渇水調整にあつては、最低貯水量16,470m³を残している。平成6年渇水時のダム運用に本手法を適用した場合には、早明浦ダムの枯渇に至らずに、貯水量のほとんどを有効

に活用しつつ住民の受忍レベル以下の給水制限による運用が可能という結果となった。

過去、昭和53年福岡渇水においては、渇水調整を開始する時期が遅れたことにより、その後の渇水被害を厳しくかつ大きくしたとの批判も見られるように、実際の渇水調整においては、どの水準の貯水率から取水制限をかけるかも大きな問題であり、その合理的な設定手法の提案が待たれるところである。ここに本シミュレーションにおいては、図-4に示すように渇水調整開始時期を便宜上実績に合わせ、受忍限度以下の適切な水準の断水時間を初期条件として設定している。また、これまでの渇水においては、ダムにおける渇水調整について、降雨予測を少なめに評価しつつ、灌漑期終了までに利水容量を温存することを目標に取水制限が行われてきた。これらの手法に加えて、本研究で提案した住民の我慢できる受忍レベルを考慮した取水制限を設定する手法を併用することにより、今後発生する渇水時においては、住民にやさしい、より合理的な渇水調整と効率的なダム補給を実施することが可能になると期待される。

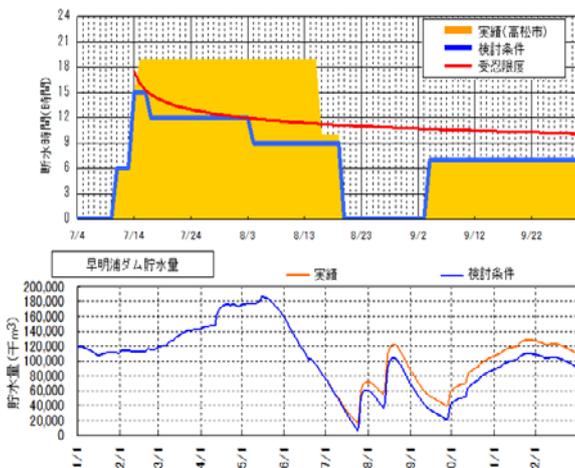


図-4 渇水耐性を考慮したダム運用

5. まとめ

枚方市住民を対象とした渇水社会実験結果を分析することにより、渇水耐性の弱い属性が、「家族人数の多い世帯」や「65歳以上のみの世帯」であることを明らかにした。今後は渇水時により円滑な住民サービスを提供する上で有効に活用されることが期待される。

また、住民が我慢できる受忍レベルについて、断水時間と断水期間の関係から設定することができた。さらに、受忍レベル曲線を踏まえた合理的な取水制限とダム補給手法について、シミュレーションを行い、さらに平成6年渇水時の早明浦ダム運用に受認レベル曲線をふまえた取水制限を適用した場合、枯渇に至らずに円滑な給水が可能であることを確認した。今後は、円滑な渇水調整を実施する上で一助となることが期待される。

謝 辞

本研究を行う上で必要なデータを収集するにあたって、近畿地方整備局淀川ダム統合管理事務所、四国地方整備局、枚方市役所、枚方市住民の皆様の御協力をいただいた。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 危機管理技術研究センター長：都市地域の社会基盤・施設の防災性能評価・災害軽減技術の開発：国総研プロジェクト研究報告第14号：2007年2月
- 2) 許士達広：ダムの最適利水運用、開発土木研究所月報 No.552、pp.54～60、1999.5

三石真也*



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水資源研究室長、博士(工学)
Dr. Shinya MITSUISHI

依田憲彦**



国土交通省関東地方整備局下館河川事務所計画課企画係長(前国土技術政策総合研究所河川研究部水資源研究室 研究官)
Norihiko YODA

豊田忠宏***



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水資源研究室研究官
Tadahiyo TOYODA