

全球水ストレス度を用いた国別の水利用実態の変動分析

香川大学 工学部	安全システム建設工学科	学生会員	○北村友観
香川大学 工学部	安全システム建設工学科	正 会 員	石塚正秀
土木研究所		正 会 員	津田守正
香川大学 工学部	安全システム建設工学科	正 会 員	紀伊雅敦
香川大学 工学部	安全システム建設工学科	正 会 員	中村一樹

1. はじめに

現在, 世界全体の人口は増加傾向にある. 人が生活する上で水は必要不可欠なものであるが, 水資源の分布は地域的な偏りが大きく, 地球温暖化が進むと, この偏りはより大きくなるといわれている. また, 人口が増加するにつれて, 利用される水量も増加するが, 水資源量の制約が人口の将来推計に影響を与えることが考えられる. そこで, 本研究では全球水資源分布を考慮し, 人口に変化を与える水ストレス度の変化の国別の特徴について明らかにすることを目的とする.

2. 研究の手法

(1) 研究のコンセプト

本研究では, 高い水ストレスが社会経済に与える影響として, 人口増加の抑制を仮定した. 水ストレスと人口の関係の概念図を図 1 に示す. 前述の通り, 人が生活する上で水は無くてはならないものであり, 生活に必要な最低限の水を利用できない地域あるいは国では, 人口増加の抑制または拡散が予想される.

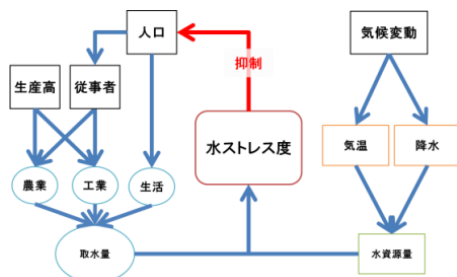


図 1 水ストレス度と人口に関する概念図

(2) 水ストレス度の算出方法

本研究では, 二つの指標を用いる. 1 つは *FMI* (ファルケンマーク指数) である. これは, ある国・地域において 1 人当たり 1 年間に利用可能な水資源量 *PWA* (per capita annual water availability) の多寡によって水不足の程度を表現する指標である. *PWA* が $1,700 \text{ m}^3$ を必要な最低値として設定し, これを下

回る国・地域は水ストレス状態にあるとされる. さらに, $1,000 \text{ m}^3$ を下回った場合には水欠乏, 500 m^3 以下の場合には絶対的水欠乏とみなす(小寺, 2010).

つぎに, *WAR* (annual water withdrawal to availability ratio) を用いる. これは, 年間水資源量に対する年間取水量 (生活, 工業, 農業用水取水量の和) の比で表され(式 1), 人間活動と気候に関する長期的な変化を反映できる.

$$WAR = \text{年間取水量} \div \text{年間水資源量} \quad (1)$$

これらの指標を用いて, 国ごとの全球水ストレス度を算出し, 人口との関係性を調べる.

3. 結果と考察

(1) FMI を用いた水ストレス度

図 2 より, 1992 年では, 水ストレス度の高い国が主にアフリカ北部, 中東域に集中していた. また, 全体として水ストレス下にある国が 22 ヶ国(約 14%)となっていた. それに対して, 2012 年では, 水ストレスの高い国が全体的に増加し, 南アジア域でも水ストレス度の高い地域がみられた. 水ストレス下にある国は 38 ヶ国(約 23%)であり, 1992 年からの 20 年間で 16 ヶ国(約 10%)増加した. これは, 世界人口の増加

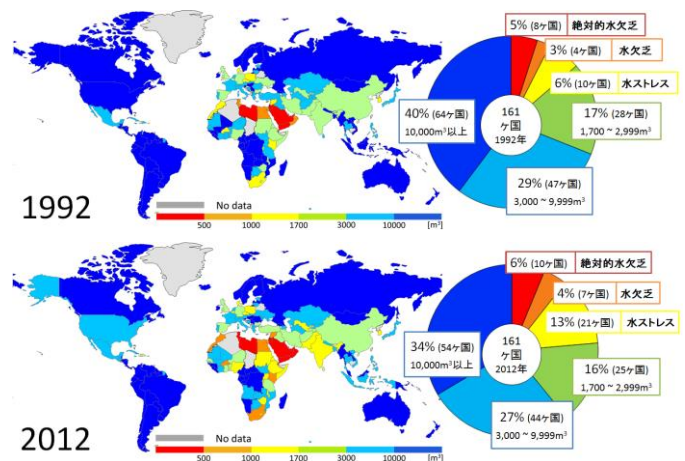


図 2 一人あたり利用可能な年間水資源量 (PWA) にもとづく FMI の国別分布と割合 (1992 年, 2012 年)

が原因であり、毎年ほぼ横ばいの水資源量に対してその利用者である人口が増加したことで、1人当たりの利用可能な水資源量が減少したためである。

(2) 水ストレス度が人口変化に与える影響

図3より、非常に高い水ストレス下($PWA < 500 \text{ m}^3$)にあっても人口増加は抑制されず、水ストレスの影響を受けていないことが分かった。また、この傾向は他の絶対的水欠乏にある国すべてにあてはまった。

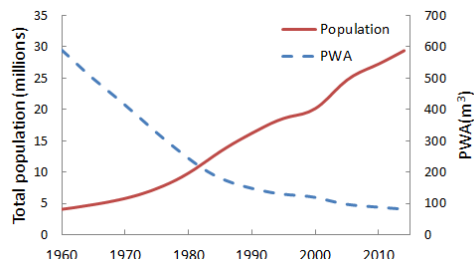


図3 Saudi Arabiaにおける人口(実線)と PWA(破線)の長期変化

(3) WAR を用いた水ストレス度

図4より、*FMI*とほぼ同様の分布が得られた。*WAR*は水資源量に対する取水量の比で表されるため、本来であれば *WAR*は1未満となる。しかし、1を超える地域がアフリカ北部、中東部、中央アジア南西部にみられた。*WAR*が1を超える理由は大きく分けて3つある。1つに化石水(地下水)の利用がある。化石水は、本研究で使用した水資源量には含まれていない。つぎに、海水の淡水化である。これは本来存在しない水資源を生産し、利用する。最後に処理水の再利用である。これは、使用した水を再度利用することで、見かけの水資源量を増加させている。

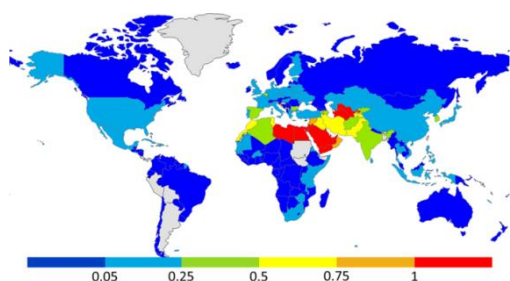


図4 水ストレス度 (WAR) の国別分布 (2007 年または最新の取水量データを利用 (FA0))

(4) 高水ストレス度下における水利用実態

$WAR > 1$ の地域における、水利用の実態を調べるために、イスラエルに着目した。理由は、当該地域の中

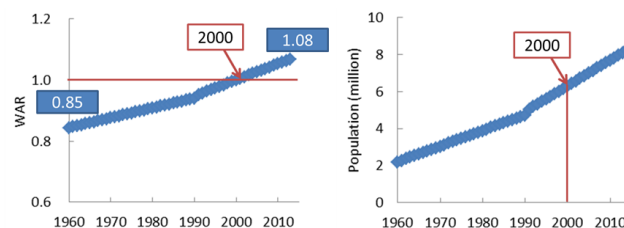


図5 イスラエルにおける WAR(左)と人口(右)の長期変化

で唯一の先進国であり(OECD：経済協力開発機構に加盟)、必要な情報が入手しやすいためである。図5より、イスラエルは2000年頃に $WAR = 1$ (取水量と水資源量が等しい)の状態になった。しかし、その後、人口は増え続け、2013年時点では *WAR*は1.08ポイントに至っている。つまり、イスラエルは2000年の時点で新たな水資源の開発や水不足への対策を行っていたことになる。

イスラエルにおける代表的な水利用の取り組みの1つとして、海水の淡水化事業がある。2012年時点で世界最大規模の淡水化施設が開設され、国内全水消費量の4割を淡水化水で賄っている。また、同国では下水分野における技術も高く、下水処理された水の80%以上が農地、灌漑施設、公共庭園などで再利用されている。また、農業分野においても力を入れており、食料自給率は90%を超える。最近では南部のネゲヴ(Negev)砂漠の緑化にも力を入れている。

4. まとめ

人口増加の影響を受けて、世界各地で水ストレス度は高まっている。しかし、水ストレスが人口増加抑制に影響しているとは言い難い。なぜなら、水資源の乏しい地域では新たな水資源と、高度な水利用の技術で状況を改善しているためである。これらの技術には、今後、世界各地で発生しうる水不足問題を解消できる可能性がある。しかし、導入と運用にあたり多額のコストと高い技術力を必要とし、すべての国において直ちに利用できるものではない。また、淡水化は近隣海域の塩分濃度上昇、下水の再利用は水質に問題を抱えており万能ではない点についても考慮が必要である。

今後、将来の人口変化と水ストレス度変化を予測する際には、各国経済レベルに応じた水不足への対策シナリオを作成する必要があると考える。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 15H02869の助成を受けた。