

## 人口・食糧生産を考慮した水資源ダイナミクスモデル

京都大学工学部 学生員 藤井 寿史, 永廣 一記  
 京都大学大学院工学研究科 正員 堀 智晴, 椎葉 充晴

### 1. 序論

現在、世界人口の約 1 割（5 億人）が極度の水不足に苦しみ、慢性的な水不足に悩んでいる人は世界人口の 1/4 にも上るといわれている。国連<sup>1)</sup>によると 2025 年には世界人口の 2/3 が汚染されていない淡水の不足に直面すると見られている。また地球温暖化などによる地球規模の気候変動が水循環に影響を及ぼすといわれている。そこで水資源賦存状況の変化が人間活動のどの部分にどのような影響をもたらすのかを明らかにするために、資源としての水の存在状況が人間の生活や生存、食糧生産、産業活動とどのような関係を持つかといった機構のモデル化を行う必要がある。

ところで、世界成長のメカニズムを人口・食糧生産・産業・非再生資源・永続的汚染物質という 5 つのセクションの相互作用としてモデル化したものに Meadows らの World3 モデル<sup>2)</sup>がある。しかし World3 モデルには水資源の存在状況・利用状況や、それらが上記 5 セクションに与える影響は全く考慮されていない。

したがって、水資源を含めて考察する上では、Meadows らのモデルは正確であるとはいえず、新たに水資源の存在・利用状況を考慮に入れたモデルを作る必要がある。その際水資源は時間・地域に偏在していることを考慮し、本研究では、World3 モデルの地域スケールを世界から日本へとダウンスケーリングして参照すると同時に、日本全体を対象とした人口動態、生活利用水、穀物生産用水の 3 つのセクションを有する水利用ダイナミクスモデルを開発する。

### 2. 水資源の存在・利用状況を組み込んだモデルの構築

人口モデルは Meadows らによる World3 モデルにも組み込まれており、ここで作成するモデルも World3 モデルを参考にしている。World3 モデルからの大きな変更点として産児制限を行わない、期待寿命をモデル外部から定数として表すという 2

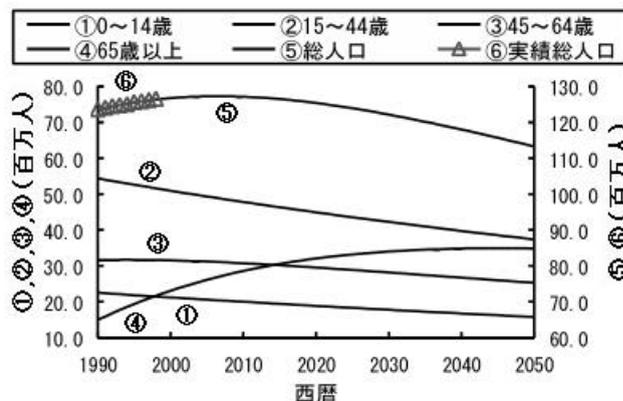


図1 人口動態

点がある。人口モデルでは 0 歳から 14 歳、15 歳から 44 歳、45 歳から 64 歳、65 歳以上の各年代に人口を分類し、年代ごとに死亡率を設定した。また可産年齢である 15 歳から 44 歳の女性人口と出生率より、出生数を求める。そして出生数と死亡数を用いて人口動態を表現した。その結果は図 1 に示されるように日本の人口は 2010 年ごろまで微増した後、次第に減少していく。

水資源需要モデルとして、生活用水モデル、穀物生産用水モデルを構築した。生活用水モデルでは生産活動以外の目的で使用される水と定義される生活用水について、利用形態が現在のまま推移するなどのような動向を示すかを表現した。穀物生産用水モデルでは穀物を 1 単位生産するために必要な水量と穀物生産量を用いて穀物生産に必要な水量の動態を表現した。また本研究では工業生産用水は、近年の傾向<sup>3)</sup>から 1995 年の値をとり続けるとした。

### 3. 人口・食糧生産を考慮した水資源モデルの適用と考察

シナリオ 1 においては比較の標準として、「穀物自給率は 1999 年の値をとり続け、農業形態は大きな変化を示すことはない。日本における河川総流出量は平水年の値といわれる 4,349 億 m<sup>3</sup>とする<sup>4)</sup>。」という条件を設定した。その結果モデル世界では、人口の動向に連動して水資源需要量(図 2)、河川利

用率(図 3)はともにしばらく増加し、2010 年を過ぎた頃からは減少に向かう。1990 年から 2050 年まで、

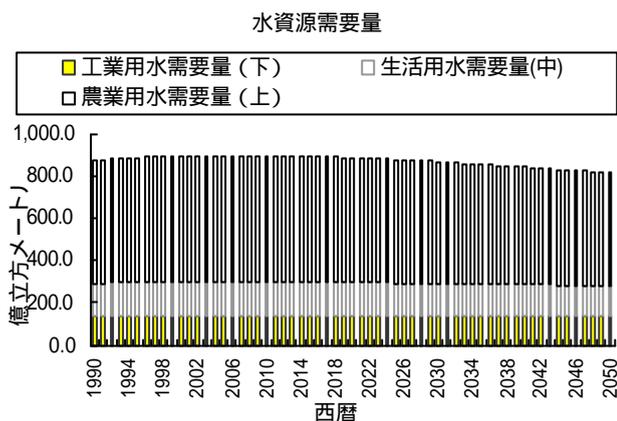


図 2：項目別水需要量(シナリオ 1)

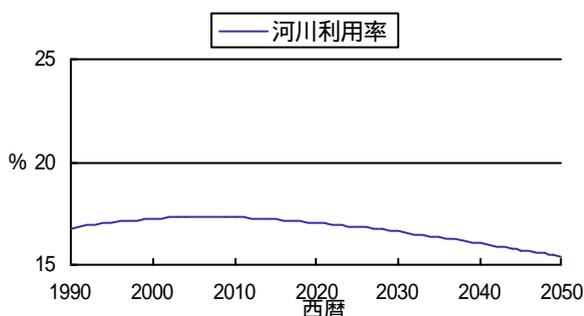


図 3：河川利用率(シナリオ 1)

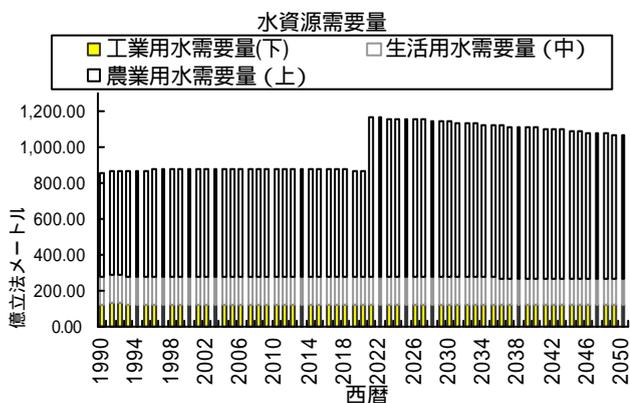


図 4：項目別水需要(シナリオ 2)

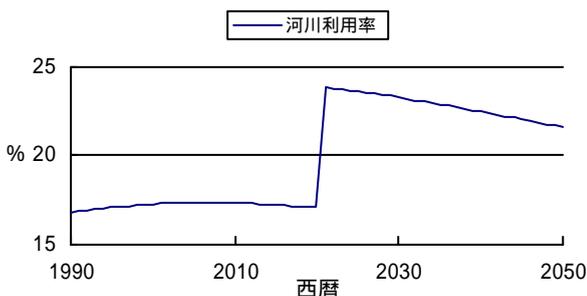


図 5：河川利用率(シナリオ 2)

河川利用率は限界といわれる 20%<sup>5)</sup>を超えることはない。

シナリオ 2 ではシナリオ 1 に「穀物自給率は 2020 年までは 1999 年の値をとるが、2021 年以降、穀物はすべて日本で生産するようになる。」という条件を追加した。その結果モデル世界では、2021 年より穀物を日本国内で多量に生産する必要が生じ、2020 年においては約 590 億 m<sup>3</sup>であった農業用水需要量は、2021 年には約 885 億 m<sup>3</sup>と大幅に増加し、水資源需要量は 1,200 億 m<sup>3</sup> に近づく(図 4)。その後、人口減少に伴い、水資源需要量は減少していく。河川利用率は穀物輸入が止まる 2020 年の 17.0%から 2021 年には 23.8%へと上昇し、限界といわれる 20%を超え、2050 年になっても 20%を超えたままとなっている(図 5)。シナリオ 1 では河川利用率は 20%を超えなかったことと比較すると、日本における穀物需要を現在の水準のまま、国内生産だけで満たすことは水資源の観点からも難しいといえる。

#### 4. 結語

本研究では水資源が人間の活動に与える影響を定量化して示す必要を指摘し、その実現過程として、人口・穀物生産が水需要に与える影響を定量化する方法の一例を提案した。また本研究で構築したモデルを用いて、穀物生産・河川流量に着目したシミュレーションを行い、その結果から、日本における水需要の将来像の例を示した。今後は他の人間活動を表すセクションを追加し、水資源の存在・利用状況が社会全体に与える影響について分析を進めたい。またより多くの地域をモデル化することにより、地域間の影響を考慮した分析を進めたい。

#### 参考文献

- 1) 国連大学：Work in progress, <http://www.unu.edu/>
- 2) Meadows, D., D. Meadows, and J. Randers: BEYOND THE LIMIT, Chelsea Green Publishing Company, 1992
- 3) 国土庁長官官房水資源部:日本の水資源 平成 11 年度版 いつまでも瑞々しい国土を目指して, 大蔵省印刷局, 1999
- 4) 中澤式仁:水資源の科学, 朝倉書店, 1991, pp83-84
- 5) 中澤式仁:水資源の科学, 朝倉書店, 1991, pp85-87