

論文内容の要旨

論文題目 国際河川紛争における流域国間協調のための水・土地利用分析

ーティグリス・ユーフラテス川流域を事例としてー

氏名 田中 幸夫

世界人口の増加が続く中、水需給の逼迫は世界的な問題の一つとなりつつあり、「21世紀は水戦争の世紀」とも言われている。そういった水を巡る争いが最も顕在化しているのが複数の国家によって共有される国際河川である。Wolf et al (2003)によると、現在紛争中もしくは交渉過程の国際河川流域にはナイル川、アラブ海、ヨルダン川、ティグリス・ユーフラテス川の4つがあるが、この中でもティグリス・ユーフラテス川は水利用を巡る流域国間協定が成立していない上に、現在も各流域国において大規模な水利開発が進行しており、世界で最も深刻な状況にある最も深刻な状況の国際河川であると言え、紛争解決のための方策の検討が急務である。

他方、ティグリス・ユーフラテス川に関する既往研究は多数見られるが、その多くは、流量・取水量といった河川水文の基本的な情報として、年変動を考慮しない平年値のみを用いている。そして、その平年値自体もその算出根拠が不明確である。また、そういった工学的論文に依拠する社会科学分野の論文においても、水紛争解決の議論において、流量・取水量の実態が考慮されていない。

以上のような背景を踏まえ、本論文では次の二つの目的を設定した。一つは、ティグリス・ユーフラテス川流域の最流末国であるイラクの農地作付面積と水消費量すなわち蒸発散量を明らかにした上で、その特性、特に農業生産との関係を明らかにすること。二つ目は、同河川を巡る水紛争の状況を分析した上で、1の結果も踏まえ、国家間協調実現のための方策を検討することである。

第3章においては、低分解能センサである NOAA/AVHRR 画像より、イラクの作付面積の推定を行った。NOAA/AVHRR 画像からの推定式を決定するために、グラウンドトゥルス情報として、Landsat TM 画像より作成した土地被覆分類画像を用いた。NOAA/AVHRR 画像内でミクセル状態となっている作付農地の被覆率を求める手法として、Gutman and Ignatov (1998) の提唱する Vegetation Fraction モデルを用いた。対象域に存在する植生（作付農地）を高密度の

もの、低密度のもの 2 種類であると仮定し、両者の比率 ($VF_{High}:VF_{Low}$) を $\alpha:(1-\alpha)$ であるとした場合、各ピクセルの推定作付面積比率と Landsat 分類画像より求めた作付面積比率の残差平方和を最小とするような諸係数を非線形計画手法である GRG 法によって求めた。なお、分析に用いる植生指数には対象地の裸地土壌の影響を考慮して TSAVI を用いた (Baret et al, 2002)。2000 年春季および夏季の Landsat 分類画像を用いて春季作付、夏季作付の推定式を決定し、それぞれの式を 1992 年夏季および 1999 年春季の Landsat 分類画像によって検証を行ったところ、分類画像の示す作付面積と推定作付面積は良好な相関を示した (決定係数は 1992 年が 0.84, 1999 年が 0.85 であった)。以上により本推定式は妥当であると判断し、1982 年から 2000 年の春季・夏季作付面積を推定式を用いて NOAA/AVHRR 画像より算出した。得られた春季作付面積は平均 75 ± 26 万 ha, 夏季作付面積は平均 55 ± 10 万 ha であった。春季の方が規模が大きい一方、分散も大きい結果となったが、この原因として、春季作付が河川流入水に加えて天水にも依存している可能性が示唆された。また、本分析結果は、FAO および USDA によって公表されているイラクの作付面積と比較すると半分以下であったが、既往値は現地調査ではなく現地の出先事務所や現地政府からの報告値に基づいており、且つイラクでは肥料や農薬の配給量が作付面積に応じて決まるため、農家が実際より大きい面積を申告し、政府がそれを集計してしまっている可能性が考えられた。また、もし既往値が正しかったとすると、イラクの穀物反収は 1t/ha 以下となり、これは不自然であるため、これらの統計値が実際の作付面積より多く見積もっている可能性が示唆された。

第 4 章では河川利用計画を立てる上で基本的な情報である水収支構造、特に水消費の主因である蒸発散量の推定を行った。対象域の水収支は次式で表すことができる。 $\Delta ST = P + D_{in} + G_{in} - D_{out} - G_{out} - ET$ このうち ΔST は域内貯留量、 P は降水量、 D_{in} , D_{out} は河川流入・流出量、 G_{in} , G_{out} は地下水流入・流出量、 ET は蒸発散量である。このうち、 ΔST , G_{in} , G_{out} は、1 年という長い時間スケールで考えると、他の要素と較べ無視できるほど小さくなると考えた。また、 ET には農地蒸発散量と非農地蒸発散量が両方含まれるが、対象域は降水量が少なく蒸発散が激しいため、非農地において降雨と蒸発散はつりあっていると見なせる ($ET_{bare} = P_{bare}$) と考えた。従って、対象域の水収支構造は次式のようなになった。 $P_{farm} + P_{lake} - ET_{farm} - ET_{lake} + D_{in} - D_{out} = 0$ ここで P_{farm} , P_{lake} は農地、湖水面の降水量、 ET_{farm} , ET_{lake} は農地、湖水面の蒸発散量である。このうち、降水量についてはイーストアングリア大学 Climate Research Unit (UEA/CRU) の公開する全球データを用いた。湖水面蒸発量は可能蒸発散量であると考え、Thorntwaite 法により求めた。河川流入・流出量についてはイラク水資源省より得た月毎データを用い、その残渣として農地蒸発散量 ET_{farm} を求めた。このようにしてイラクの水収支計算を 1981 年 10 月から 2000 年 9 月までの期間を対象に行った。その結果、流入要素 (降雨+河川流入) では河川流入が平均 97% を占め、イラクのティグリス・ユーフラテス川への依存度の高さが改めて明らかになった。流出要素においては、農地蒸発散が河川流出より多く、イラクの水消費量の大きさが確認された。そして、農地総蒸発散量は河川流入量との間に非常に高い相関性を示した ($R^2=0.91$)。得られた回帰直線の傾きは 0.67 であり、これを単純に解釈すると、イラクに流入

した水は、その多寡にかかわらず、約3分の2が蒸発散によって失われているといえる。次に、得られた農地総蒸発散量を第3章で求めた作付農地面積で除し、単位面積当たりの農地蒸発散量を求めたところ、得られた値は平均で8800mm/年と可能蒸発量を大きく上回り、作付農地以外でも蒸発が起きていることが強く示唆された。

第5章では、第3章で求めた作付農地面積、第4章で求めた降水量、農地総蒸発散量に加え、FAOにより公開されているイラクの主要穀物（小麦、大麦、イネ、メイズ）生産量データを用い、イラクの土地・水利用に関する総合考察を行った。作付農地面積の決定因子としてイラクの主要水源である河川流入が考えられたが、両者の間に有意な関係は見られなかった。作付面積を春季・夏季別に見ても結果は同様であった。一方、作付面積は降水量との間に緩やかながら相関性を示した。この原因として、春季作付の播種は雨季に行うため、播いた種が出芽するか否かを降雨が左右しているという可能性が示唆された。次に、穀物生産に影響を及ぼすと考えられる農地総蒸発散量は、穀物生産量と有意な相関を示さなかった。しかし、この結果から対象域内で越年貯留が発生している可能性が示唆された。洪水年の翌年に越年貯留が発生していると仮定し、年間蒸発散量の閾値と越年貯留率を設定して再計算したところ、両者の相関性は向上した。

第6章では、ティグリス・ユーフラテス川を巡る流域国間紛争の経緯を整理した上で、紛争の膠着状態を脱却する要件として、「イシューのパッケージ化」に着目した。特定の争点の妥協を誘引するためにその他の争点を交渉に導入する（イシューをパッケージ化する）という手法は意識的または無意識的に様々な資源交渉もしくは国際交渉の場で行われており、ティグリス・ユーフラテス川の事例においても、流域国間でトレードオフが可能な争点としてエネルギー、国境貿易および経済開発、民族（クルド人）問題などが挙げられた。これらを水資源配分の問題と合わせて流域国間交渉に導入することにより、流域国の協調が達成可能となることが明らかとなった。一方で、ティグリス・ユーフラテス川を巡る流域国間紛争において、各流域国内の水・土地利用の実態が配慮されていないという事実も明らかになった。

以上より得られた結果をまとめると次のようになる。第一に、イラクの平均年間作付面積は130万haであり、既往文献に見られる値(200~300万ha)を下回った [第3章]。第二に、農地の年間蒸発散量は可能蒸発散量の4倍に匹敵し、農地外から盛んに蒸発散が起きている可能性が示唆された。（イラクの節水ポテンシャルは大きい） [第4章] 第三に、年間作付面積と農地降雨量との間に緩やかな相関関係($R^2=0.42$)が見られた [第5章]。第4に、イラクにおいて越年貯留が発生している可能性が示唆され、越年貯留を考慮した場合、農地蒸発散量と穀物生産量の間には緩やかな相関関係($R^2=0.47$)が見られた [第5章]。そして第五に、ET川を巡る国家間紛争が、各流域国内の水・土地利用が十分に考慮せずに進められていることがわかった [第6章]。一方、ティグリス・ユーフラテス川を巡る紛争解決へ向けた示唆として、流域国（イラク）では相当な量の水が農地以外で蒸発散により失われており、これら灌漑管理の状況を改善することで水の必要量を抑えるポテンシャルは大きいこと、そして国家間の交渉のプロセスにおいてこのような水・土地利用の実態を考慮する必要があることが挙げられた。