

氏名	伊藤 浩三
----	-------

(論文内容の要旨)

都市化や地球温暖化が原因となり、地域の水循環のバランスは変化する。都市化は流出量を増大させ、時には洪水被害をもたらすとともに地下水の涵養量を減少させ、地下水位の低下や地盤沈下をもたらす。このような水循環のバランスの変化に応じて、健全な地域を構築・保全していくためには、水循環の現状把握と短期的または長期的な予測、対応策の検討や評価をすることが必要である。

本論文は、水循環研究の基礎となる蒸発散、都市化に伴う洪水ピーク流量の緩和のために設置する地区内調整池の評価、河北潟干拓地内の灌漑排水システムの改善に関するもので、各章の要旨は以下のとおりである。

第1章では、第1に蒸発散に関する研究の重要性、研究方法と問題点、蒸発散量の推定法である熱収支ボーエン比法の特徴と問題点について述べ、第2に都市化に伴う洪水調節研究の現状と問題点について述べ、第3に河北潟干拓地内の灌漑排水システムの現状と問題点について述べている。

第2章では、熱収支ボーエン比法における異常値の定義と処理方法について述べている。ボーエン比の値が‘-1’近傍になると異常値が発生することはよく知られていたが、それを体系的に取り扱う方法は確立していなかった。本研究では、異常値を供給熱量の α 倍より大きい潜熱または顕熱と定義し、異常値となるボーエン比の範囲を α の関数によって数学的に表現した。この内容は、これまで、国の内外で、経験的に指摘されてきた異常値の範囲を統一的に表現したもので、本研究で初めて明らかにしたものである。併せて、この異常値の定義を実際に蒸発散解析に適用し、その有効性を検証している。

第3章では、蒸発散推定のための逆解析法と熱収支ボーエン比法及び渦相関法との比較について述べている。逆解析法は著者らが提案した新しい蒸発散推定法であるが、その妥当性は十分検証されていなかった。観測精度の高い農村工学研究所の気象資料を使って、第2章の方法により異常値を処理したのち、逆解析法により蒸発散量を求め、この値を従来の熱収支ボーエン比法及び渦相関法より求めた蒸発散量と比較した結果、時間単位、日単位、および月単位でも再現性が良好なことを確認している。

第4章では、地区内調整池による洪水ピーク流量の低減効果について述べている。近年都市化によって洪水ピーク流量が急激に増加し、そのために開発地区内に洪水調節用調整池の設置が義務づけられている。しかし、その効果について検証した研究は皆無であった。本研究は、手取川扇状地倉部川流域に設置されている調整池の実態に基づき、近年発生した26降雨において洪水解析を行い調整池による低減効果を解析したものである。流域を15ブロックに分けて解析し、ブロック内における低減効果と流域全体の低減効果を評価している。

第5章では、第4章の成果を受けて、洪水調節と地下水涵養について述べている。近年、都市化に伴う洪水激化に注目があつまり、地下水涵養の面がおろそかにされていることに警鐘を鳴らした研究である。手取川扇状地では都市化により、農地が減少し、農地もまた圃場整備により浸透性が低下している。このために地下水涵養量が減少し、地盤沈下が徐々に進行している。この実態を踏まえて、地下水涵養を促進するために、浸透型の調整池と各家庭での貯水タンクの設置を提案している。

第6章では、河北潟干拓地内の灌漑システムの改良案について述べている。現在の河北潟干拓地内の灌漑排水システムによる電力消費実態を分析し、スプリンクラー灌漑を前提として計画された高圧の送水を改め、河北潟水位を活用した自然取水を主体としたシステムを採用し、地区内に小型分散型の灌漑システムを採用すべきことを提案している。加えて、堤防下浸透量を分析し、この量が年間降水量に匹敵する水量であること、排水ポンプの大きな負荷になっていることを明らかにしている。

第7章では、本研究で明らかにされた新知見を要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、流域水循環に大きな影響を与える蒸発散量や流出量の推定に新たな独創的手法を確立しており、加えて流域水循環の不均衡がもたらす諸問題についても解決法を提案しており、評価できる主な点は次の通りである。

(1) 蒸発散量の推定では、供給熱量に対する顕熱と潜熱の配分量を精度よく求めることが重要であり、これまで有力な推定方法としてボーエン比法が一般的に用いられてきた。しかしこの方法は、顕熱の潜熱に対する比であるボーエン比が‘-1’に近づくと、蒸発散量の推定に異常値が生じるという問題を抱えている。しかも長年にわたり、この異常値に対する明確な定義はなく、適切な対処法も未解決のままであった。このような状況に対し、本研究では、供給熱量の α 倍という指標を考案し、異常値を α の関数として定量的に表現した。また、これまで国内外で指摘されてきた異常値もこの α を変えることよって統一的に判別できることを示した。さらに本研究では、この異常値を定量的に判別する手法を用いて、ボーエン比法による蒸発散量の推定を行い、その有用性を検証した。以上のような内容は独創的な手法で従来の課題を解決したものであり評価できる。

(2) 近年著者らによって、熱収支の概念に基づいた逆解析法という蒸発散量推定手法が新しく開発されたが、その検証は十分でなかった。そこで本研究では、上述の方法に従い、異常値を適切に処理した資料を用いて、逆解析法による蒸発散量を求め、これと従来のボーエン比法、渦相関法で求めた蒸発散量を比較し、その手法の妥当性を時間単位、日単位、月単位で立証している。この内容は開発された新しい手法の有効性を検証したものであり評価できる。

(3) 近年の急激な都市化の進展に伴い、洪水流出量が飛躍的に増加するリスクがあることから、開発地区内において洪水調節池の設置が義務づけられている。しかし、この洪水調整池の洪水流出量に対する抑制効果については定量的に検証されていない。本研究はこの点に着目して洪水調節池の効果を検証したものであり、流域管理や治水事業の妥当性を評価する上で貴重な知見を提供している点に有益性がある。

(4) 手取川扇状地は全国的に見ても地下水利用の盛んな地域である。しかし地下水帯に対する水需要が高まる中、地下水涵養とのバランスが保てず、結果として地域の地盤沈下が加速している。この状況に対し、本研究では健全な流域水循環の観点から浸透型洪水調整池や雨水貯水タンクの必要性を指摘しており、これは洪水抑制のみならず地下水の涵養を促進する上でも貴重な提案である。

(5) 石川県河北潟干拓地を対象に、水循環を詳細に分析し、用排水システムの問題点を明らかにした。ポンプ揚水による灌漑では加圧方式による送水で高額な電力料金が発生することを問題とし、河北潟や承水路からの自然取水方式や圃場内小規模分散型貯水タンク利用方式を取り入れた合理的な灌漑システムを新たに提案した。また、堤防下浸透量も定量的に推定し、その抑制が排水ポンプの負担軽減になることを指摘した。このように、水循環分析を通じて用排水システムに関するエネルギー投入量にも着目し、合理的な水管理のあり方を提案している点に新規性と有益性を有している。

以上のように、本論文は、水循環の重要項目である蒸発散や流出量を精度よく推定する手法を新たに生み出し、水循環の不均衡がもたらす洪水のリスクや用排水システムの不具合を指摘したばかりでなく、それらの改善策も提案しており、水文学、応用気象学、灌漑排水学およびその実際面に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（生物資源環境学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和2年1月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認められた。