

学位論文題名

A Study on Low Streamflow and Its Severity
for Water Resources Preservation in Forested River Basin.

低水指標による森林流域評価手法に関する研究

学位論文内容の要旨

地球上の水資源分布は地域的に大きな偏りをみせ、過酷な水不足に見舞われる地域もあれば、一方で洪水害を被る地域もある。水資源には限りがあることから、その多目的有効利用や水源地帯における水供給能の維持あるいは改善が重大な課題である。とくに20世紀後半より顕著となった土地利用高度化その進展にともなう森林地帯の改変は、水需要の急増と相まって慣性的水不足をもたらしてきた。そして、水需要の逼迫化に見舞われている先進諸国はもちろん、開発途上国においてはとくに水源地帯の保全・整備が急がれており、森林保全施策、流域管理システムを確立するための流域評価手法の開発が緊急課題である。

本研究の目的は、適切な量と質と時期での持続可能な水資源利用を目指すための最も重要な水文指標である、低水流量と低水度の現況を明らかにし、これら低水指標による流域評価手法の開発と流域管理技術への展開にある。

1. 研究方法：水不足に関しては水文学、気象学、農業水利学の課題としてこれまでも詳しく研究されてきた。本論では低水流量を水文学的に水不足の指標としてとらえ、平年流量の標準範囲より低位なものと定義づけた。そして地域スケール、流域スケールの順に適用し検討することとした。なお平年流量の地域標準範囲については、北海道の70流域の流量データより求めた。
2. 低水流量と低水度：年低水値（ALS）は平年流量の標準範囲により検討した低水状況から求め、5段階の低水度（SIL）区分を行った。すなわちSILが高いほど厳しい低水状況を示すものとしたが、上記70流域の約20%に当たる13流域がSIL-3, 4, 5と評価された。
3. 低水流量・低水度の地域分布：地域スケールでの年平均流量（AMS）は1300mmとなる（然別：309mm～、暑寒別：3246mm）。AMSとALSについてみると、AMS 803～3246mmで

ALS 0～182mmの流域が SIL-1 と 2 に、そして AMS 309～940mmで ALS 130～505mmの流域は SIL-3, 4, 5 に区分された。すなわち AMS の高い流域は SIL が低く、逆に AMS の低い流域は SIL が高い値を示す。この AMS との関係から、ALS 200mm以下の流域は SIL-1 (slight) と 2 (fair) に、また ALS 200mm以上の流域は SIL-3 (moderate), 4 (hard), 5 (very hard) に区分された。

4. 厚真川試験流域の低水状況：低水状況を更に検討するため低水域（SIL-3）の厚真川を代表流域としてとりあげた。これは、当流域には主に第三紀泥岩が分布しており、インドネシア・東カリマンタンと同様に、北海道低山丘陵地を代表する地質であること、さらに近未来の土地利用形態の変化によって低水状況の悪化がもたらされ、流域管理・流域森林施業上の課題が現出すると予想されることからである。

低水度は基本的に河川流量の変動に左右されるが、その流量変動は以下の2タイプに区分された。ひとつは火山地域の幌内川流域にみられる低変動タイプであり、一方は清川流域と厚真川流域などの第三紀層地域にみられる高変動タイプである。後者は最大流量と最少の差が極めて大きく、これは流域貯留力が小さいことに起因すると考えられる。

5. 厚真川上流域における低水流量の推定：厚真川の上流水源流域を位置関係、地形条件、植生被覆状況などから9小流域に分割し、それぞれについて水文調査（流量と浮遊砂量）を行った。

支流の流量変動幅は大きく（最大/最小=10～20）、また多くの支流域ではポテンシャル流量は500l/sec（43,200 ton/day）以下となっていた（ただし高水期には172,800 ton/day以上）。一方、浮遊砂濃度は100 ppm以下～600 ppm以上とバラツキが大きい、平均的には約300 ppmとなっていた。従って浮遊砂量は13.0 ton/day～51.8 ton/dayの流出が見積もられた。

つぎに、ポテンシャル流量と浮遊砂量を用いた簡易評価モデルを考えた。すなわち厚真川流域の4観測地点における継続観測データに基づいて得られた ALS と比流量との関係から、短期間観測による支流域の ALS 推定値を概算した。この結果、アツマ、ショウシウシ、メルクンナイ、オニキシベ支流域の ALS 推定値は200mm/year以下で、残り5支流域は200mm/year以上であると見積もられた。

6. 低水度と流域特性：水源地域においては、各支流域の森林率が高いほど流量は増加し、浮遊砂量は減少、そして ALS も低下することが認められた。これに従い、調査対象9支流域について水の量と質の両面から森林水文状況評価が行われた。

低水流量と低水度に関しては、当然のように降水量が重要な影響力を持ち、SIL- 3, 4, 5の流域の多くは年降水量が1200mm以下（SIL- 1, 2の流域は1200～1600mm）となっている。しかし、降水量の大きい地域にもSIL- 3以上の流域が分布し、この要因として地理学的特質、とりわけ地質や地形などの流域特性が挙げられた。

第三紀泥岩流域の流出ハイドログラフは第四紀火山噴出物流域に比べ、変動幅が大きい。さらに、流域面積が大きいほどSILが高い傾向がみられた。また流域形状係数（Rf）が高く谷密度（Rd）も高い円形を呈する流域では、SILに影響するような変動幅の大きい流況となっていた。

7. 流域評価：水源林水資源に関する流域水文特性としては、流量、質、流出時期の三つを考える必要があり、流量と浮遊砂量の年単位、あるいは季節単位での変化実態に基づいた流域管理が行われるべきであると考えた。したがって水不足により水需要が満たされない場合には、水供給量を増加させるような量的管理、さらに、土壌侵食やそれに伴う浮遊砂生産の抑止による質的対策と、高水流量を遅らせ低水流量を増大させるような時期的対策を組み合わせた施策が講じられねばならない。

厚真川流域における現在の土地利用状況は流域面積の73%が森林により被覆されているが、開発が進展すると現在の森林域の40%（流域面積の29%）しか残らないことも予想されている。そこで、水源地帯は森林で被覆され水貯留域となり得るため、水源涵養域としての位置づけを強化する必要がある。とりわけ水源地帯の最上流域は、おもに農耕地や居住域への水供給を維持するための緩衝地帯、すなわち不可変な保安林としての流域施策が必要となる。

低水指標による流域評価手法は、潜在的な水資源域を改善するための流域地帯区分や、低水流量を増大させる試みあるいは、水供給の季節変動を極力抑制する流域管理に有効と考えられる。また、水源森林流域においてはこれまでも緑化工や山腹工、溪間工などの森林保全対策が数多く実施され、森林機能の強化が行われてきたが、これらの実績評価も本手法によって可能になると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 新 谷 融
副 査 教 授 霜 鳥 茂
副 査 教 授 藤 原 滉一郎

本論文は、図51、表20を含む8章で構成された総頁数168の英文論文である。他に参考論文8編が添えられている。

土地利用の高度化とその進展にともなう森林地帯の改変と水需要の増加は慢性的水不足をもたらし、水需要の逼迫化にみまわれている先進諸国はもちろんのこと、開発途上国においてはとくに水源林の保全・整備が急がれており、森林保全施業・流域管理システムを確立するための流域評価手法の開発が緊急課題である。

本研究は、渇水問題の顕在化が開発の進行とともに予想されている北海道水源流域を対象として、潜在的な水不足（低水）状況の分布把握を行うと同時に、渇水に関する重要な流域水文指標を提起すること、ならびにこの流域水文指標の流域管理と森林機能強化への適用方法を確立することを目的としたものである。研究の結果は以下のように要約される。

- (1) まず、北海道内水源地帯70流域（面積10km²～100km²オーダー）について水文資料解析を行い、共通時期の約12年間にわたる月平均流量データを用いて北海道の年平均流量を求め、この標準偏差下限値より低位のものを低水と規定した。そして低水状況を把握するための流域水文評価量として年低水値（ALS）を求めた。
- (2) この ALS は降雨特性や地質・地形・流域形状・地表被覆などの流域特性に支配されているが、ALS 値の地理分布を示すための簡潔な指標として5段階のSIL（低水度）[1 (slight), 2 (fair), 3 (moderate), 4 (hard), 5 (very hard)]を提起した。これによって北海道内の低水度分布をみたところ、低水度3以上の低水域は年降雨量の少ない道東域に多いことは当然としても、相対的多雨域の道南・道央域にも分布していることを明らかにした。
- (3) 低水域の代表流域でしかも近未来に開発域が急増するとみられる厚真川流域をとりあげ、上～下流域にわたる4観測地点の水文資料を解析した。それぞれのALSについて比較検討を行ったところ、下流域ほど森林開発域が増大し、これにつれて低水度が大きくなることが明らかになった。

(4) さらに、上流域を9小流域(10~20km²)に分割して、流量・浮遊砂量を2年間にわたって現地測定した。この一時的測定値をもとに、上記4地点で求められた比流量とALS値の関係から、各流域ごとのALS推定値を求めた。そして相対的な低水度比較を行ったところ、土地利用区分による森林率のわずかな低下が低水度を変える可能性があることが推測された。

(5) ついで小流域ごとの流量・浮遊砂量測定値も含めて流域比較を行い、低水度が小さくしかも浮遊砂量の多い小流域にあっては森林からの土地利用変更により水不足の生じる危険性が高いこと、また低水度は小さくしかも浮遊砂量の少ない流域は良好な水源林を保持していることなどを指摘した。そして森林保全・管理・施業上の流域区分と優先順位決定は流域水文指標として提起した低水度によって可能であるとした。

(6) また森林で被覆された水源地帯の水文機能のなかでも水資源賦存力を保持するための保安林配置の有効性や、ならびに低水度の増大を緩和軽減し水質を保持するための上流域の山腹・溪間における森林保全(治山)対策(浸透促進工や侵食防止工)の意義や保安林改良の方法などについて論じた。

以上のような本研究は、流域における水資源管理を目標として、ALS・SILの低水指標による流域評価手法と、これに基づく水源林基盤整備のための小流域ごとの優先順位決定手法を提起したものである。その成果は学術的のみならず流域管理技術の応用面からも高く評価される。

よって審査員一同は、最終試験の結果と合わせて、本論文の提出者テリヨノ スダルマジは博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。