

武蔵野台地白子川上流域の水溫と地溫の特性 について

新川, 幹郎 / SHINKAWA, Mikio / 小寺, 浩二 / 小林, 信彦 /
KOBAYASHI, Nobuhiko / KODERA, Koji

(出版者 / Publisher)

法政大学地理学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政地理 / JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY

(巻 / Volume)

26

(開始ページ / Start Page)

43

(終了ページ / End Page)

48

(発行年 / Year)

1997-09-30

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00025895>

武蔵野台地白子川上流域の水溫と地溫の特性について

新川幹郎・小寺浩二・小林信彦

I はじめに
II 対象地域概要
III 方法

IV 結果
V 考察
VI おわりに

I はじめに

近年、人間活動の影響は急激な地球規模の環境変化を引き起こし、温暖化や砂漠化、都市のヒートアイランド現象など様々な問題が生じている。都市に暮らす人々の生活はそれらの環境変化と密接に関係があり、良好な環境の保全のためには、行政、個人などの立場を越えた総合的な対応が求められている。

ただし、都市型社会と環境悪化との因果関係の究明は難しく、改善しがたいことも多く、具体的な対応策を立てることは困難である。しかしながら、水文地理学的な見地に立つと、都市域の人為による水収支バランスの乱れが、ヒートアイランドを中心とした熱収支バランスの乱れに強く関係していることは明白で、その因果関係を解明することは具体的な対応策につながるものと考えられる。

以上の見地から、急激な都市化の進行しつつある武蔵野台地白子川流域を対象を定め、水移動、物質移動、熱移動に関する調査を継続して行っている。特に浅層地下水は、地上の環境変化の影響を受けやすい深度にあり、長期間の観測値には、都市化の影響が反映されている。

新藤（1996）も都市の水文環境に対し、「人間は、自然にあるがままの水の姿と流れを変え、その量的バランスを崩した。その結果は質的变化をもたらした」ことを指摘しているように、浅層地下水の水溫特性を調べることによって、都市化が自然環境に与えた影響の一端が示せるはずである。

古くは、地中の熱的環境変化が土壤水分量などの水分状況と関係することを、福岡（1966, 1967）がすでに報告している。地溫変化には降水に代表される土壤水分の多寡が影響していること、また、川岸近くの地溫分布と土壤水分量との間に関係があることを、武蔵野台地東部での研究から指摘した。また、佐倉（1979, 1984 など）は、土壤水の移動とそれに伴う地溫変化の現象を詳細に明らかにした。しかし、不飽和帯から飽和帯へ至るまでの水移動、物質移動、熱移動の関係を定量的に示し、浅層地下水の水溫形成過程まで言及した研究例は少ない。

そこで、本論では、都市化の影響を検討する前の段階として、対象地域の開放井戸の水溫年間変動特性を鉛直方向の差を含めて抽出し、深度別の地溫観測値から水移動と熱移動の関係を見出すことを目的とする。

II 地域概要

対象地域の白子川上流域は、東京 23 区の郊外にあたり、練馬区西部から保谷市、新座市にまた

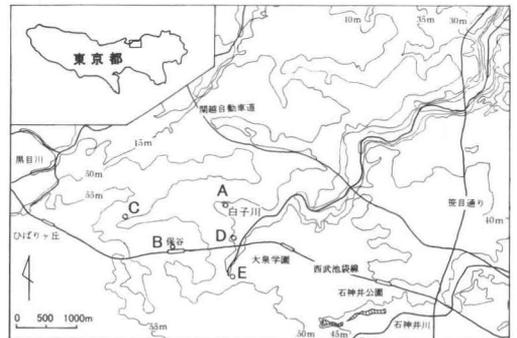


図1 対象地域

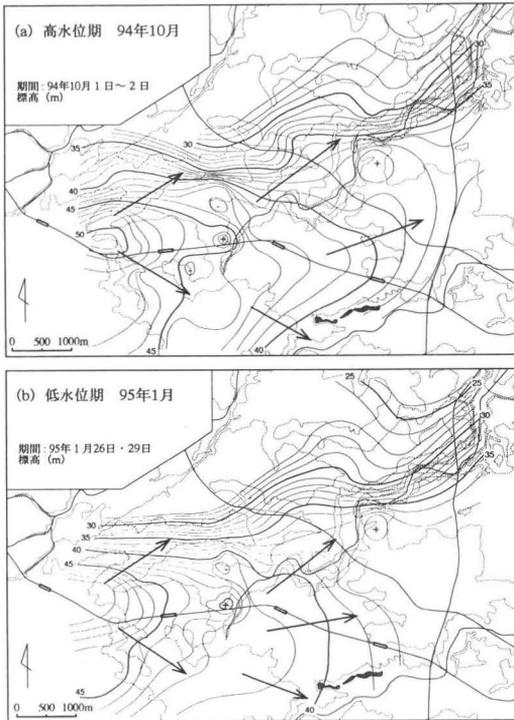


図2 地下水面等高線図

がる東京圏における都市化フロンティアの一つである(図1)。

また、武蔵野台地の北東部に位置し、中下流域では白子川が台地を深く刻み谷底平野を形成しているが、上流域には、関東造構造盆地運動に起因する地盤変位の影響を受けたと考えられる一定の方向性をもった浅い谷や、浅層地下水がその形成に深く関与したと思われる浅い窪地が台地上に分布している(小寺, 1990)。ローム層は台地部で数メートルから10メートル以上も厚く堆積し、谷部では薄く、地下の浅いところに粘土が堆積している。

この地域の浅層地下水は、吉村(1939他)によって第二次大戦以前より精力的に研究され、大泉瀑布線の存在など地下水賦存の概要が明らかにされた。その後、岡田(1986)、三井ほか(1988)、小寺(1994)、小林(1996)らによっても最近の賦存状況が示されており、白子川流域の地下水のおおまかな流れは地形の傾斜方向に沿って、南西から北東に向かっている(図2)。

III 方法

本研究の対象地域程度のスケールでは、水温などの浅層地下水の性質やその季節変化のしかたは比較的均一として考えられてきた。しかし、地中の水分状況は浅層地下水の水位と関係するため、地下水面との距離を反映する地形面の違いによる検討が必要である。また、同様に地点による違いがあまりないと見なされてきた季節変化も、より詳細なスケールで考える必要がある。

そこで、観測点は、地下水面との距離を反映する台地上や谷部という微地形の違いに考慮し、観測域に500mメッシュをかけ各メッシュに1点とることを目安として51点を選定した。

1993年6月より観測を開始し、1994年5月から1995年4月までは、約1回/月の間隔で11回の定期観測を行った(表1)。各井戸において水位、水温、電気伝導度、溶存成分を測定し、水温は表面から0.5m毎に測定した。観測には、EST-3型電気水質計(東邦電探製)を使用した。

なお、電気伝導度、溶存成分については小林(1996)によってまとめられている。

表1 観測日一覧(1994.5~1995.4)

回	観測日	回	観測日
1	1994年5月14日	7	1994年11月26日
2	1994年7月2日	8	1994年12月25日
3	1994年7月31日	9	1995年1月29日
4	1994年8月27日	10	1995年3月21日
5	1994年10月2日	11	1995年4月23日
6	1994年10月30日		

IV 結果

1. 平均水温と年較差

1994年5月~1995年4月の観測における平均水温と水温偏差を図3に示す。この地域の平均水温は、15~17℃の間である。

地形面との関係を見ると、谷部では平均水温の

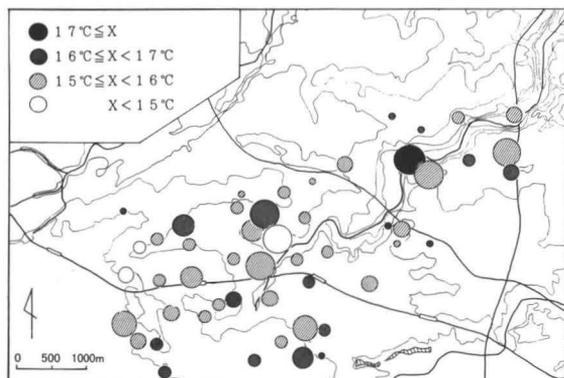


図3 平均水温と水温偏差
(1994. 5～1995. 4) 円の大きさで偏差を表す

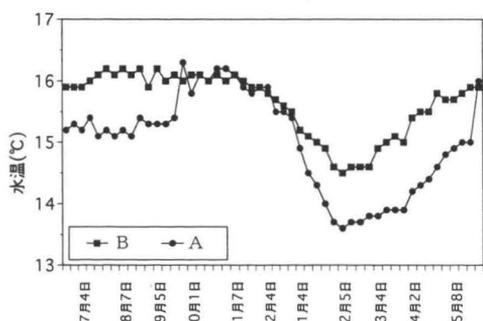


図4 井戸底水温の年変化

低い地点がみられ、水温偏差は小さい傾向があるのに対して、台地上では水温偏差が大きい傾向がある。また、平均水温の高い地点では上下水道の漏水や雨水浸透ますの設置などの人為の影響があると考えられる。

2. 高温期の水温ピークの出現時期

井戸底水温の年変化については、1993年6月から1994年5月にかけての期間で検討し、その中から谷部のPoint Aと台地上のPoint Bを抜き出したものが図4である。ともに夏から秋を中心として高温期となり、冬から春を中心として低温期となる年変化を示すが、Point Bでは8月に高温期のピークを迎えているのに対して、Point Aでは秋に水温の上昇がみられる点が特徴的である。

3. 水温鉛直プロファイル

各井戸において、水面から50cmごとに測定した水温の変化について水温鉛直プロファイルを作

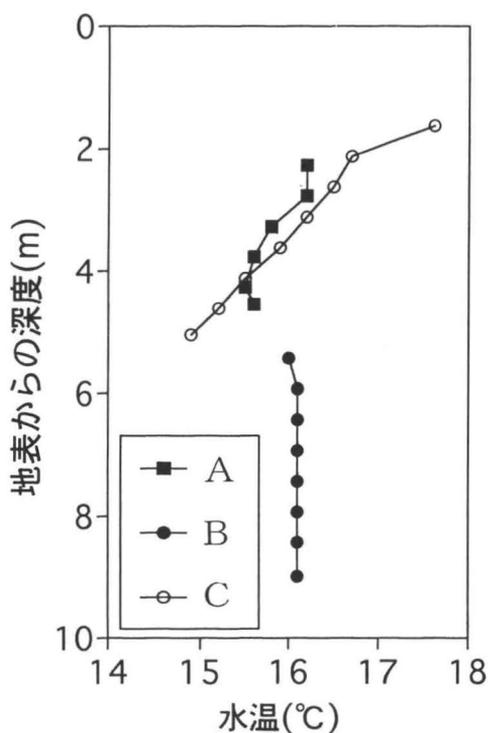


図5 井戸内部の水温鉛直プロファイル
(1994年10月1日)

成し検討した。ただし、気温の影響を受けやすい表面の温度を解析では使用せず、上部、下部として50cm深(水面から)と井戸底の値を採用し比較した。

全期間を通して上部と下部との水温差はあまり生じなかったが、10月1日には、観測できた45地点の2/3にあたる30地点において井戸の上部の水温が高温に傾き、井戸底の水温との間に大きな差が生じた。その10月1日の水温鉛直プロファイル、Point A、Point B、水温差の大きかったPoint Cについて図5に示した。

上下の温度差は大きいところでは2.2°Cになり、他の観測日では温度差が0.5°Cに満たないことから、この日の特異性がわかる。

4. 水温変化と地形面との関係

まず、高温期のピークの出現時期を以下の4つの型に分類し、分布図を作成した(図6)。

夏型: 7月3日～8月28日

秋型: 10月1日～11月27日

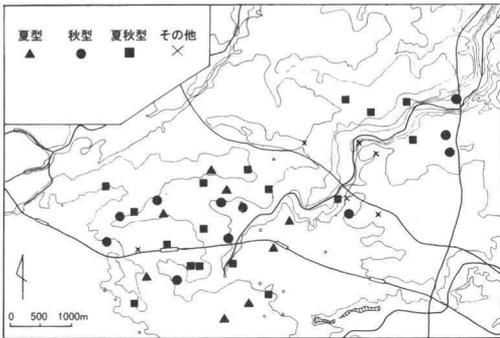


図6 高温期の水温ピークの出現時期

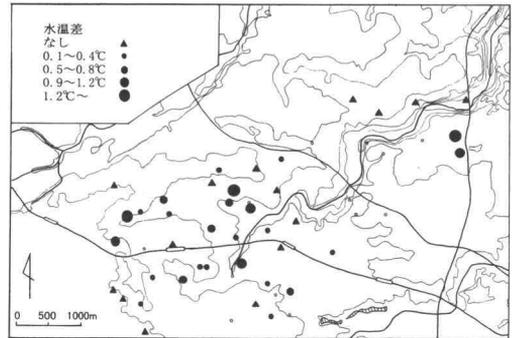


図7 1994年10月1日の井戸内部の水温差

夏秋型：夏，秋の2回

その他：上記の型とは違う傾向を示すもの

夏型は主に台地表面上に，秋型は主に谷部に分布し，夏秋型は夏型と秋型の中間に位置している。つまり，谷部では秋に高温期のピークを生じる傾向がある。

次に，10月1日における井戸内の上下水温の温度差を階級区分し，分布図に示した(図7)。台地表面上ではこの現象が生じない，または生じても水温差が小さい傾向があるのに対して，谷部ではこの現象を示す地点が多く，かつ大きな水温差を持つ傾向がある。図6と図7をあわせて整理すると，台地部では高温期のピークの出現が夏型を示し10月1日の上下の水温差は小さいが，谷部では秋型を示し水温差が大きい。また，秋型を示す地点ではすべてある程度の上下の水温差を生じている。

5. 降雨にともなう地温変化

谷部の井戸の特異な水温変化特性は，熱伝導だけから説明することができず，特に秋の高温ピークの出現については，地下水より高温の水の影響を検討する必要がある。

そこで，谷部に位置するPoint A, D, Eの3点において地温の測定を行った。各地点において，データロガーを0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0mの4深度に設置し，1時間の測定間隔で継続測定を行った。観測期間は1995年7月(一部は12月)から1996年12月までとした。観測機材としてはデータロガー(LG-C1 ログ電子製)とサーミスタセンサを用いた。

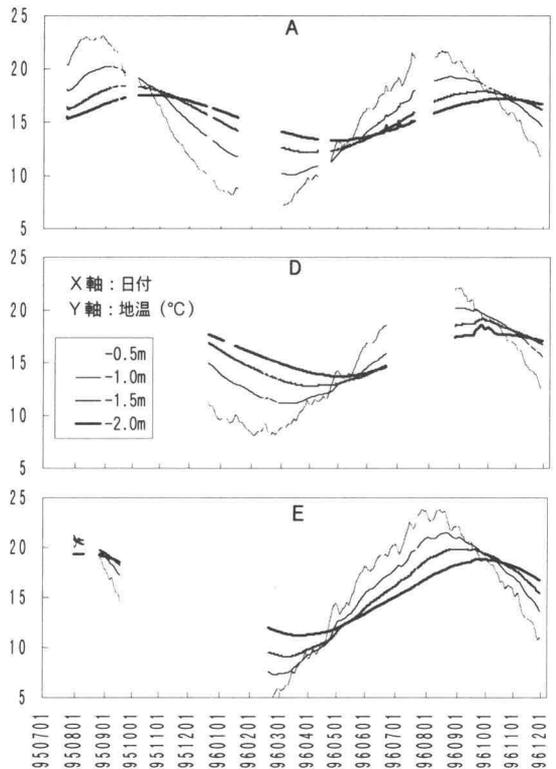


図8 地温の経時変化

(1994年7月～1996年12月，日単位)

正午の値を用いて，地温の年変化を図8に，最高温度，最低温度の値と出現日を表2に示した。夏季から秋季に最高温度，冬季から春季にかけて最低温度をもつ一般的な年変化が観測され，同一地点でも深度が浅いほどピークの値が顕著で出現時期が早い，地点によって若干の相異がある。

秋の降雨にともなう浸透水の動きが地温変化と

表2 地温の最高温度と最低温度

		1995年			1996年		
		最高	最低	最高	最高日	最低日	最高日
A	0.5m	23.1	7.2	21.7	950828	960309	960820
	1.0m	20.2	10.1	19.3	950904	960316	960828
	1.5m	18.4	12.2	17.9	950918	960403	961001
	2.0m	17.5	13.3	17.2	951022	960508	961022
D	0.5m		8.1	22.1		960205	960905
	1.0m		11.2	20.2		960313	960907
	1.5m		12.8	19.2		960405	961002
	2.0m		13.7	18.6		960508	960930
E	0.5m		4.8	23.8		960223	960810
	1.0m		7.3	21.5		960229	960826
	1.5m		9.1	19.8		960313	960913
	2.0m		11.2	18.8		960326	961002

して現れることは、佐倉（1984）によって明らかにされており、今研究でも、秋に0.5m深から2.0m深までほぼ同時期に急激な温度変化が生じていることが観測された。

そのような変化が最もはっきりと現れたのは、1996年9月22日である。この日は台風の影響で、日雨量220mmの降水があった。この時の地温変化と降水量を図9に示す。降雨は、9月22日未明から始まり、最も激しかったのは10:00から16:00にかけて20mm/h前後の強度である。降雨は、18:00には終了した。

Point Aでは12:00に0.5m, 1.0mの地温が上昇を開始し、2時間後の14:00に1.5mと2.0mが上昇を開始した。2.0mまでは浅い方の地温が高いため、この上昇は上から下への土壤水の移動にともなう熱移動によるものと考えられる。

あとの2地点では、地温変化に若干の差があるが、それらは、濡れ前線が形成される前の間隙流による雨水の低温の影響と解釈でき、飽和帯の水温形成には押し出し流による熱移動が大きく関係していることが示された。

V 考察

地下水面までの土壤の状態が同じなら、台地部よりも水位の浅い谷部で水温の年間変動幅が大き

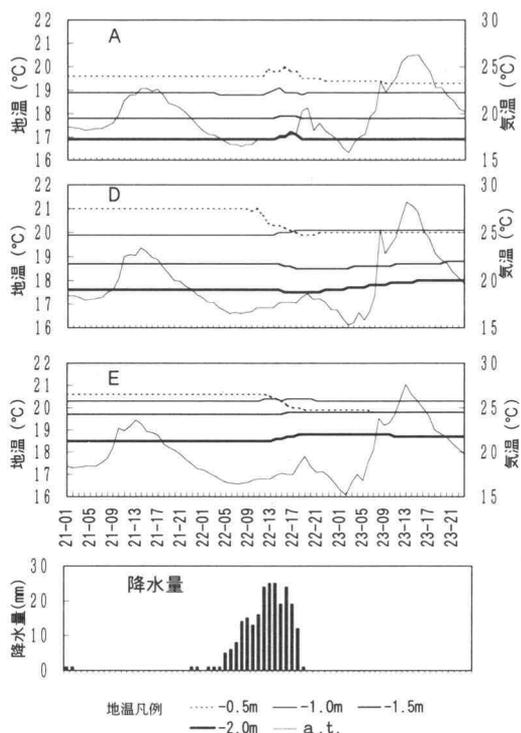


図9 1996年9月21日～23日の地温変化と降水量 (時間単位)

くなるはずである。しかし、実際には、水温偏差は谷部の方が小さく、平均水温は明らかに谷部で低い傾向がある。

地温の年変化の様子からもわかる通り、地温の地域差には熱伝導率の違いが大きく関係しており、熱伝導率に影響を与えているものが土壤水分である。

福岡（1967）は、土壤水分が少ない地点で地温は変化しやすく、多い地点で地温変化がしにくい傾向があることを、今研究の観測範囲を含む武蔵野台地北東部の観測により明らかにし、その理由に熱伝導率の違いを挙げている。今回の場合、地下水面からの距離とも関係して、地表面付近で土壤水分が少ない地点は台地部、土壤水分の多い地点は谷部と考えられ、土壤水分が多い方が熱は伝わりにくいため、台地部では地上の影響が早く伝わり、谷部では遅い。

一方、高温ピークが谷部で秋季に出現する現象には、降雨にともない発生する浸透流が、熱の移

流としての役割を果たすと考えられる。

佐倉(1984)は、野外実験土槽の観測から、一定以上の降雨にともなう地温変化を確認し、地中への熱の移動が伝導だけではなく移流によっても生じることを明らかにした。また、カラム実験を行い土壌水の移動機構についても言及し、降雨浸透した水分は、懸垂水帯、不飽和毛管水帯、飽和毛管水帯という土壌水の保水形態により移動形態が異なることも明らかにした。

本研究によって得られた井戸内の水温鉛直プロフィール、降雨時の地温観測データからも谷部での浸透水による熱の移流が確認された。

VI まとめ

- 1 地下水温の顕著な上昇は、台地面上では夏季にみられるが、谷部では秋季にみられる傾向がある。
- 2 谷部では降雨後に井戸上部から順に温度上昇が生じる傾向があり、浸透水による熱の移流が影響を及ぼしていると考えられる。
- 3 土壌水分と地温から浸透水の移動が観測され、浸透水が水温の上昇に影響を及ぼしていることが示された。
- 4 今後の課題としては、並行して行っている地下水、土壌水の溶存成分分析による物質移動についての研究成果との整合性の検討や、土壌中の水移動と開放井戸の水交換の関係の解明などを行う必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、三井嘉都夫名誉教授には、適切なお助言と温かい激励をいただいた。立澤誘一氏をはじめとする法政大学地理学教室水文ゼミの諸氏には、現地観測等の協力を受けた。また、観測点の民家の方々には長期にわたる観測に快くご協力いただいた。末尾ながら、記して以上の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 岡田浩美(1986):白子川流域の地下水と湧水. 地域研究, 27, 2, 23-31.
- 小寺浩二(1990):白子川流域の土地利用変化とその影響—人工改変に伴う流出機構の変化—(その2)一. 水利科学, 34, 5, 44-61.
- 小寺浩二(1994):武蔵野台地浅層地下水の水位変動と水質変化. 陸水物理研究会1994年度大会発表要旨集.
- 小林信彦(1996):武蔵野台地浅層地下水の水位・水質変動について—白子川上流域を対象として—. 法政大学大学院人文科学研究科地理学専攻修士論文.
- 小林信彦・小寺浩二(1996):武蔵野台地白子川上流域の浅層地下水の水位, 水質変動について. 日本地理学会1996年春季学術大会発表要旨
- 佐倉保夫(1979):浸透過程の地中温度変化から推察される土壌水分移動について. 筑波大学水理実験センター報告, 3, 33-38.
- 佐倉保夫・開発一郎(1980):野外土槽における雨水の鉛直移動観測, 筑波大学水理実験センター報告, 4, 25-29
- 佐倉保夫・谷口真人(1983):土壌水の移動特性に関するカラムを用いた降雨浸透実験. 地理学評論, 56-2, 81-93.
- 佐倉保夫(1984):豪雨時の表層土壌中の熱環境変化. 地理学評論, 57, 9, 628-638
- 佐倉保夫・谷口真人(1991):浸透過程における土壌水分移動に関する研究. 筑波大学水理実験センター報告, 15, 83-85.
- 新藤静夫(1996):環境問題としての水文環境『地球環境科学概説』朝倉書店, 60-70.
- 福岡義隆(1966):東京西郊における地温観測及び地温に関する統計的研究(第1報)—地温変化に及ぼす降水の影響—. 地理学評論, 39, 2, 103-117.
- 福岡義隆(1967):東京西郊における地温観測及び地温に関する統計的研究(第2報)—地温変化に及ぼす土壌水分の影響—. 地理学評論, 40, 11, 644-653.
- 三井嘉都夫他(1988):白子川流域における地下水・湧水の親水的役割. 水利科学, 32, 6, 1-15
- 吉村信吉(1939):東京市西郊大泉町の地下水瀑布線と景観発達. 地理学評論, 15, 7, 493-508
- 吉村信吉(1940):武蔵野台地の地下水における大泉地下水瀑布線の意義. 地理学評論, 16-10, 673-680.
- 吉村信吉(1943)武蔵野台地東部大泉地下水瀑布線及び付近諸地下水堆の地下水精査. 地理学評論, 19-11, 634-649
- 吉村信吉(1943)武蔵野台地東部大泉地下水瀑布線及び付近諸地下水堆の地下水精査(第二報). 地理学評論, 19-12, 713-722