

只見川の川霧発生における地形・気象・ダム操作等の諸要因に関する調査研究

東北土木遺産研究所 ○正会員 櫻井勇三 正会員 後藤光亀

1. はじめに

2021年度の土木学会「選奨土木遺産」に認定された「只見線鉄道施設群」の認定理由に、「その機能美や四季折々の風景を創生…」とあり、その魅力の一つが只見川の川霧である。只見川の川霧を伴う「霧幻峡の渡し」は観光の目玉の一つとなり、只見線や国道からの風景は絶景である。

この川霧の発生機構の解明のため、只見川の河川敷で、気象（気温、湿度、風速、日射量）と只見川水温の連続計測および川霧発生のタイムラプス撮影を行い、露点温度などの気象条件と川霧の発生の関係を考察すると共に、バルク法による熱収支解析で只見川渓谷の川霧発生の特徴を地形の影響と共に解析し、川霧予測の手法を検討した。

2. 調査方法

図-1に、只見川の川霧観測地点と観測装置を示す。早戸駅西の観測地点①では、日射量：英弘精機社・小型日射量ML-10、風速：YOKOGAWA社・風速計A-702を用い、電圧用ロガー：T&D社・MCR-4Vで、乾球温度・気温、湿球温度と只見川水温は、熱電対（銅コンスタンタン線）を用い、熱電対用ロガー：同MCR-4TCで、10分間隔の平均値として記録、また、温湿度計：HIOKI社・LR5001も併用した。川霧の発生状況を、赤外線付きカメラを用い（昼：カラー、夜：白黒）、20分間隔のタイムラプス撮影を早戸の地点①と、第一只見川橋梁を見下ろせる展望台地点②で行った。観測は2022年6月から10月まで、月1回のデータ回収を行った。

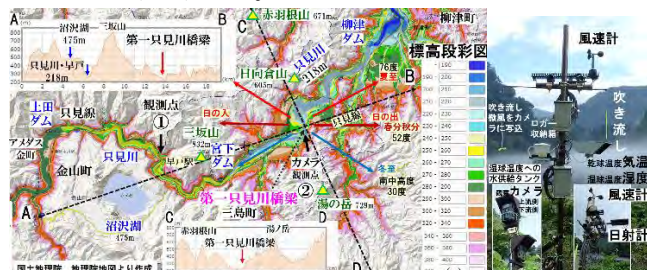


図-1 只見川の川霧観測地点と観測装置（金山町、三島町）

3. 霧の発生状況

東北の会津、福島、米沢、新庄などの各盆地では、多くの霧（視程1km未満で地表面に接触）の発生が観察される。その発生時期は「天高く馬肥える」澄み切った秋の晴天時の放射冷却による「放射霧」が多い（図-2、図-3）。その発生時刻は、未明の0時から3時頃で、日の出後に消滅するが、9～10時まで継続する場合もある。会津盆地の若松の2022年7月の気象データでは、霧（もや：視程1km～10km未満）は未明に発生するが、霧の発生は観察されていない。若松では気温が露点温度に達する期間が短く、夜間でも約1m/sの風が発生しており、濃い霧の発生に至っていない。

4. 只見川の川霧の発生に及ぼす要因

1) 只見川のダム群と河川水温

只見川では、会津盆地で霧の発生が少ない時期にも川霧の発生が多い。その要因には、山々に囲まれた只見川の地形と雪解け水を発電用水に利用するダム群などが考えられる。

只見川のダム群で、田子倉ダムの放流水が6～12月まで常時満水位から水深50m付近より放流され、田子倉ダムや沼沢湖の表層水温、上流にダム群がない伊南川の水温27℃に比較し、只見川は16～20℃の低い水温となっている（図-4）。

この只見川の水温が、河川の水面上の空気に対し、暖かいのか、冷たいのか、が川霧などの発生形態に係わってくる。



図-2 会津盆地の霧の発生状況(2020～2022年 会津若松)

○：霧の発生時刻（気象庁：過去の気象データより）

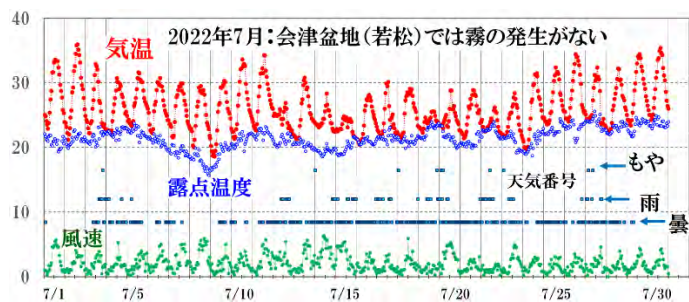


図-3 霧の発生状況（2022.07 会津若松：過去の気象データより）

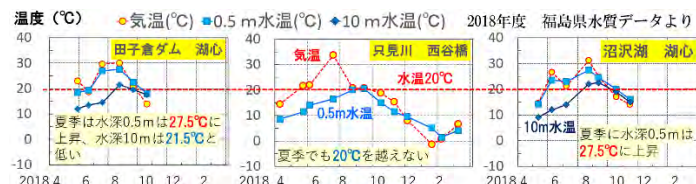


図-4 ダムと河川の水温変化（2018年、福島県水質年報より）

奥只見ダム、田子倉ダムは、冬期の水量の少ない時期に下流ダム群に発電水を供給すると共に、融雪期に無効放流が生じないように、融雪期前までに発電放流により貯水位を低下させる。融雪期で水位回復した後は、常時満水位付近で運用。低ダム群は年間を通じ常時満水位付近を維持して運用。

田子倉ダム：発電用水は標高約440～450mから固定取水。したがって、発電放流水は、常時満水位期の水深約50～60mの冷たい水が放流され、川霧の発生しやすい条件になると推察される。

2) 只見川の地形とダム群

図-1に、地理院地図を利用した第一只見川橋梁周辺の地形断面図を示す。只見川の標高218mに対し、河川の両側には600～800mの山々が迫る。会津盆地に比較し、風が発生しにくく、朝夕の直達光は高い山々に遮られる地形である。

3) 霧の発生条件・発生形態と霧の発生状況

霧の発生の必要条件は、①水蒸気量が十分、②冷却されて

キーワード：只見川、川霧、地形、露点温度、熱収支

連絡先：貞山・北上・東名運河研究会 Add.仙台市青葉区小松島2丁目16-27-301 Tel.090-4476-0810

露点温度以下となる、③空気中に凝結核がある、である。

写真-1に、地点②・第一只見川橋梁付近の霧の発生状況を示す。霧は、川面付近、山々の中腹、山々の頂上付近と発生する場所が異なり、その発生・消滅が高さによる異なる。

図-5に、早戸での気象、只見川の水温の変化と川霧の発生状況を示す。大気が露点温度に到達すると川面周辺の霧の発生が確認される。これらを踏まえ、第一只見川橋梁周辺の地形を踏まえた霧の発生形態を図-6に示す。

5. バルク法による熱収支解析

バルク法は、地上2m付近の気象観測データ（日射量 $S \downarrow$ 、気温 T_a 、大気の湿度・比湿 q_a 、風速 W ）と地表面情報（水温 T_s と水面の飽和比湿 q_s ）から地表面と大気との熱収支を評価する¹⁾。日射量 $S \downarrow$ の一部は、地表面で反射する（アルベド α (-)、水面： $\alpha=0.05$ 、短波逆放射 $\alpha S \uparrow$ ）。大気からの長波放射量 $L \downarrow$ 、地表面からの長波逆放射量 $L \uparrow$ 、大気と地表面との温度差による顕熱輸送量 H 、大気と地表面の水蒸気量（比湿）差による潜熱輸送量 ρE は、以下の式で算出される。

$$L \downarrow \text{ (W/m}^2\text{)} = \sigma T_a^4 (0.44 + 0.081\sqrt{e_a}) \dots (1)$$

$$L \uparrow \text{ (W/m}^2\text{)} = \varepsilon \sigma T_s^4 \dots (2)$$

$$H \text{ (W/m}^2\text{)} = C_p \rho_a C_c W (T_s - T_a) \dots (3)$$

$$\rho E \text{ (W/m}^2\text{)} = \rho_a C_e W (q_s - q_a) \dots (4)$$

σ ：ステファン・ボルツマン定数 ($5.670 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)、 T_a ：気温 (K)、 T_s ：地表面温度 (K)、 e_a ：大気の水蒸気圧 (hPa)、 ε ：放射率 (-)、 ρ_a ：空気密度 (kg/m^3)、 $C_c \cdot C_e$ ：輸送係数 (-)、 W ：風速 (m/s)、 q_s ：地表面の比湿 (-)、 q_a ：大気の比湿 (-)、 C_p ：定圧比熱 (J/kgK)、 ρ ：蒸発（気化）に伴う熱量 ($2.454 \times 10^6 \text{ J/kg}$ 、at 20°C)、 E ：単位時間当たりの蒸発量 ($\text{kg/m}^2 \text{ s}$)。

図-7に、バルク法による熱収支の結果（6/28～7/5）を示す。水蒸気（比湿）の差（河川表面の飽和水蒸気圧と大気の水蒸気圧の差）による潜熱移動や、温度差（水温と気温の差）による顕熱移動は、只見川では風速が小さければ無視（夜間など）できる。特に潜熱は、河川水温が $16 \sim 18^\circ\text{C}$ と低く一定

で、水面飽和蒸気圧が $18 \sim 21 \text{ hPa}$ 、昼の最高気温 33°C ・相対湿度 40% 、夜の気温 20°C ・湿度 100% のそれぞれの大気の蒸気圧が $20, 23 \text{ hPa}$ で、その差は小さく潜熱輸送量が小さい。また、7月は、気温が水温より常に高いので、風が吹く日中は、大気から水面に顕熱輸送（河川水を温める）が起こる。

地表面を温める短波放射・日射量 $S \downarrow$ （日射量＝直達日射＋散乱日射）と大気からの長波放射 $L \downarrow$ 、地表面を冷やす長波逆放射 $L \uparrow$ などの熱収支をとると、変動の少ない長波放射や長波逆放射と比較し、日中の変動幅の大きい日射量（特に直達光）の影響が大きい。

バルク法は、開けた水面上での経験式である。只見川沿いの山々からの熱交換は考慮されていないが、川面と大気との熱収支の概略を知ることができた。

6. 霧の発生予測

霧は、風が弱く、大気が露点温度以下に到達するときに発生するとされ、只見川の観測結果もそれを裏付けている。現在、全国の自治体ごとに、3日後までの気温、風速、湿度の予測値が提供されており（日本気象協会 tenki.jp など）、気温と湿度から露点温度を計算すれば、露点温度と風速から霧の発生が予測でき、只見川の水温からその発生形態まで説明できると考えられる。

7. おわりに

只見川の霧の発生機構に関する基礎資料を得ることができた。これらの情報は、只見川流域の地形の成り立ちや歴史・環境などの学習教材として広く一般公開を考えている。

奥会津の地域おこしの一環として利活用できればと思う。謝辞：本調査では、福島県会津若松建設事務所、福島県宮下土木事務所、金山町、金山町観光物産協会、三島町の協力を得た。記して感謝の意を表す。参考文献 1) 後藤 他「野蒜海岸・洲崎湿地の気象・水文・熱収支に関する基礎研究」土木学会東北支部、2021. 3、2) 後藤「只見線のダム群と川霧を学ぶ」会津嶺、2022. 08



写真-1 霧の発生状況 (三島町)

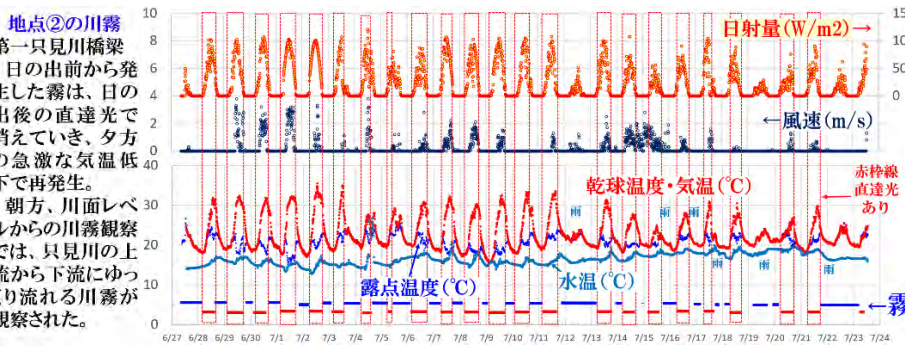


図-5 只見川の霧の発生状況 (カメラ映像より) と気象・水温の変化 (2022.06.27~07.23 早戸)

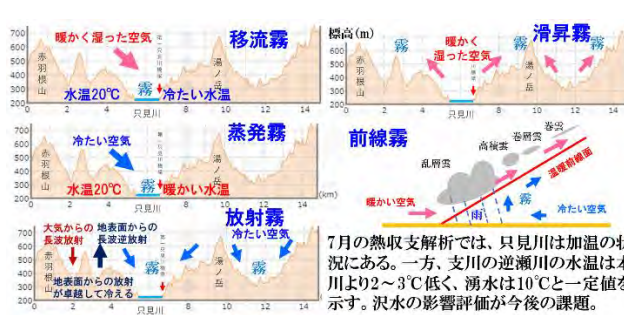


図-6 霧の発生条件と発生形態

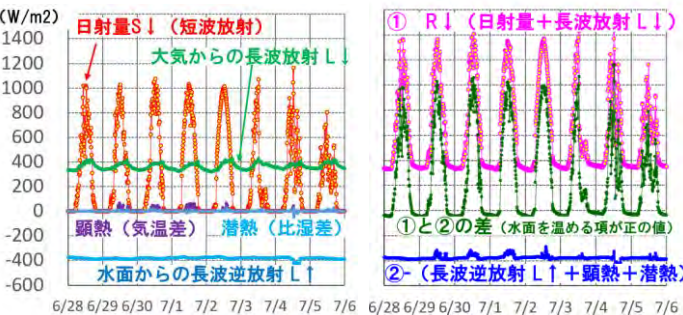


図-7 バルク法による熱収支 (地表面：水面)