

# 阿武隈川の水の色

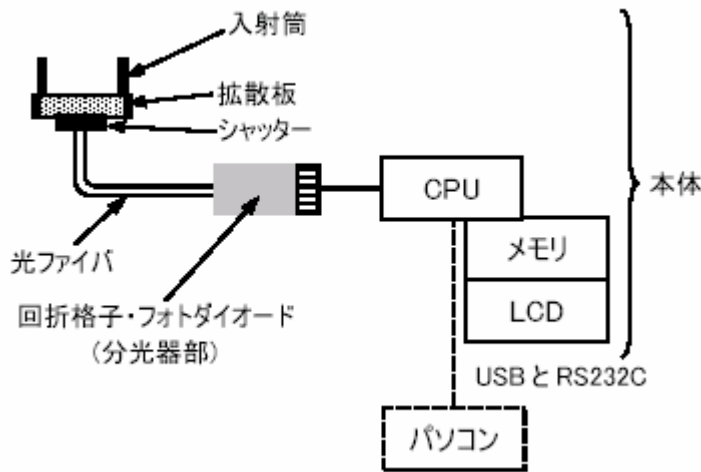
福島大学理工学群共生システム理工学類 渡邊 明

## 1. はじめに

河川の汚染状況を最も容易に感じる1つの要素として、河川水の色がある。河川水の色は基本的に河川水による太陽光の反射光によって決定されており、反射光を正確に計測することで求められる。しかし、太陽光自身は雲の存在や、太陽高度で変化しており、測定値の絶対値で比較することはできない。そこで天頂光と河川水の反射光を分光測定し、各波長帯域での比から河川水の特徴を解明することを試みた。また、この手法を確立することによってリモートセンシングによる河川水汚染の実態認識と認識方法を開発することを目的とした。

## 2. 計測方法

今回用いた分光放射計は、英弘精機株式会社製 MS-720 の携帯型である。MS-720 は第1図に示すように、ドイツの Zeiss 社製の分光器を用いた回転格子により分光した入射光を 256ch のシリコンフォトダイオードアレーによって検出するものである。分光放射計測帯域は 350nm から 1050nm ままで、放射量が測定できる波長分解能は 3.3nm である。なお、温度補正機能を有しているものの±5%程度の温度依存性がある。さらに入射筒を差し替



第1図 英弘精機株式会社製 MS-720 の概念図

ることによって入射角 180° , 90° , 10° の三段階で計測可能になっている。

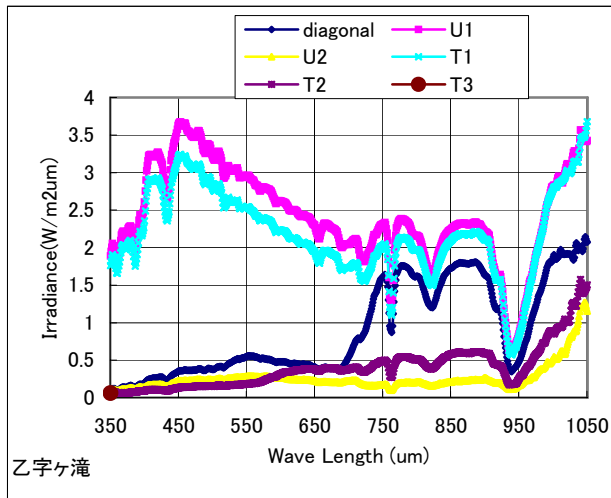
ここでは限定された領域の放射量を計測するため、入射光を 10° に設定し、限定した領域での放射量を計測した。なお、その際、河川水は底面に白紙を置き、その上に透明なプラスチック容器に深さ 10cm の河川水を採取し、10° 角の水からの

分光放射量とその天頂から分光放射

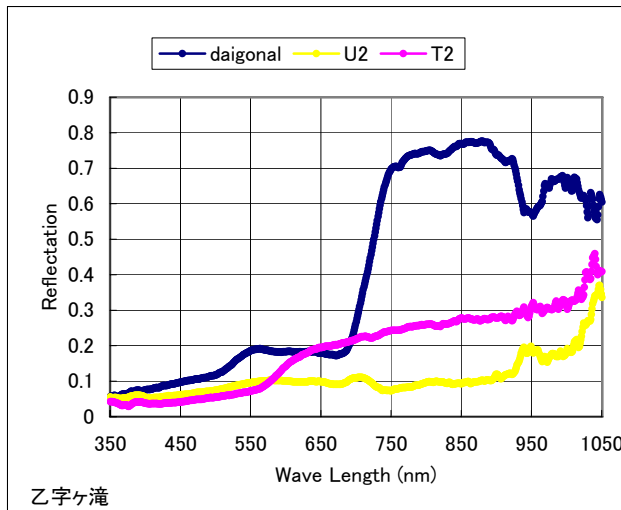
量を測定し、阿武隈流域間での場所の差異を考察することにした。また、川の水の色の目視観測を定量的に表現するために、橋の上から入射筒 10° を用いて天頂放射と川面からの反射放射を同時に測定し、その反射率から相対的な河川水の色の評価を試みた。

## 3. 計測結果

第2図に 2005年10月14日11時59分に測定した阿武隈川乙字ヶ滝周辺での計測結果



第 2 図乙字ヶ滝で測定した分光放射量



第 3 図乙字ヶ滝での分光反射率

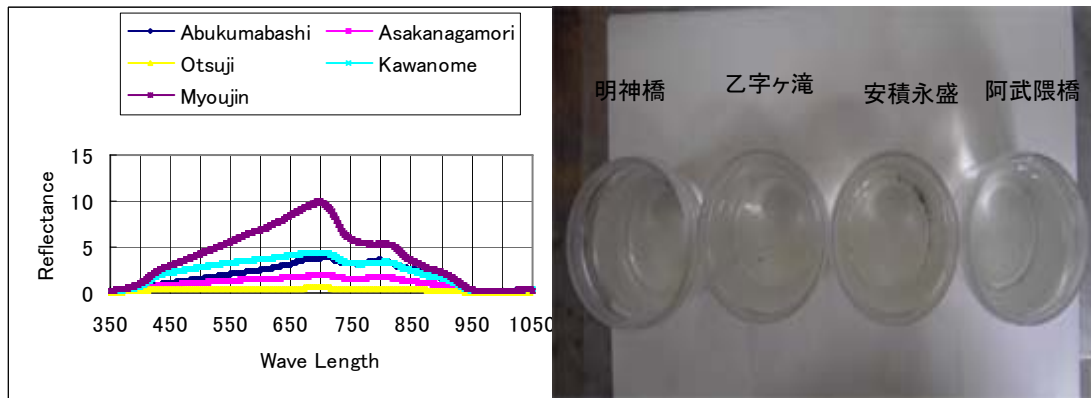
字ヶ滝での天頂放射量と川面からの反射放射量の比を示す。前述の通り斜めに水面からの放射を計測した *diagonal* では 750nm 以上の波長帯で 70%前後の反射が認められるが、天頂と真下の放射比は短波ほど小さく、長波程相対的に大きくなる傾向を示している。この結論は川面が赤色系の波長を相対的に大きく反射していることを示すものである。

また、現地で採取した河川水をプラスチック容器に入れて、 $10^\circ$  の入射筒で、その天頂放射量と反射放射量を測定した。その結果を第 4 図に示す。このときの天頂放射量は  $1.5\text{w/m}^2$ 程度であったが、分光放射測定時、容器底面に白紙を置いて計測したためか、10倍もの反射放射量が観測された。これは、天頂放射に対して、白紙から入射した反射光が全天からのものを反射したためこうした結果になっているものと考えられる。なお、この分光反射特性を見ると、全てが 700nm (赤色) 付近にピークを持っている。また、明神橋、川の目橋では 400nm (青色) 付近から顕著な反射率を示すのに対して乙字ヶ滝、安積永盛では 500nm~800nm 付近までほとんど同じ反射率を示している。さらに、950nm 以上の

を示す。南中時に近いので、測定時の太陽高度は  $43.74$  度で、大気外の全天日射量は  $950.23\text{W/m}^2$ であったが、 $10^\circ$  の入射筒で測定した放射量は  $1.5\text{W/m}^2$ 程度であった。30 秒程度の時間差で乙字ヶ滝にかから橋の上流 (T1) と下流 (U1) での天頂放射の差異があること、それに伴って当然川面からの反射放射量にも上流 (T2) と下流 (U2) で差があることが分かる。なお、意識して  $45^\circ$  に入射筒を傾け川面からの

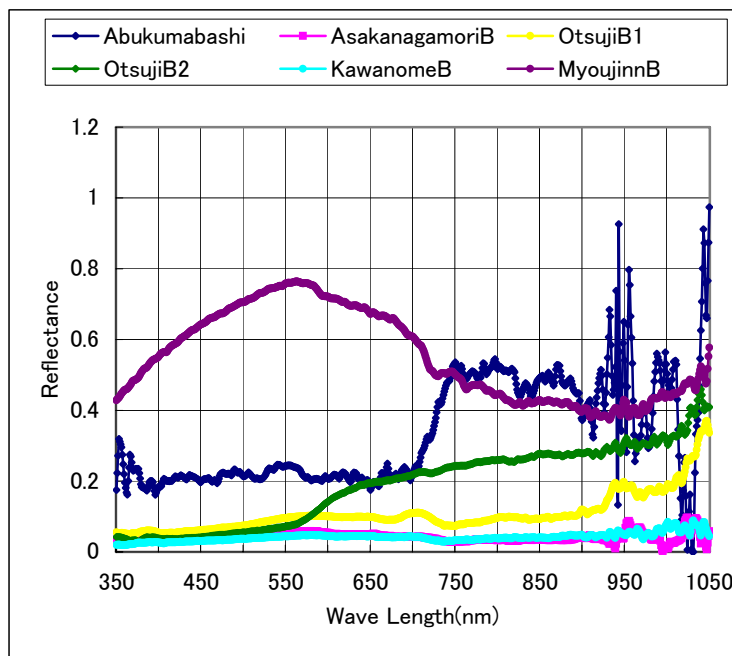
放射を測定 (*diagonal*) すると太陽との位置関係にもよるが、この場合 750 nm より長い放射については、ほぼ天頂放射に近い放射量が入ってきていることがわかる。これは、川面を見る方角や太陽高度 (季節, 時刻), 天候によって相対的に川面の色が異なることと対応している。

目視における川面の色は基本的には可視領域の反射光を見ているので、各波長における反射率 ( $\gamma$ ) は天頂放射 ( $I_z$ ) と川面からの放射 ( $I_r$ ) の比で表現することが出来る。第 3 図に乙



第4図採取水の分光反射率（左）と可視画像の採取水（右）

赤外領域ではほとんど反射放射がないことが分かる。目視では、安積永盛での濁度が多少認められるものの、その際を分光放射量として検出することはできなかった。



第5図 橋上から測定した各地の分光反射率

第4図に橋上から10°の入射筒を用いて測定した天頂放射量と川面からの反射放射量比から求めた分光反射率を示す。いずれの値も1より小さく、プラスチック容器による測定結果とは異なっている。特に、明神橋は560nm（緑色）での反射率が大きい。また、今回の測定値で最も下流の阿武隈橋では700nm以下の波長帯で20%程度の同じ反射率を示すものの、その後、急に増加し、750nm付近では50%程度の

反射率を示している。安積永盛、乙字ヶ滝、川の日橋では全波長帯域で小さな同じ反射率を示し、全体的に黒色を示す結果となった。

#### 4. まとめ

河川の色は河床や河川水に含まれる粒子によって、太陽光が反射、吸収される放射特性によって決まる。350nm~1050nmまでの波長帯域の分光放射量を測定することによって、河川水の状態を比較したが、分光特性を理解するためには、さまざまな河川水との比較や太陽高度による反射特性を検討することが必要である。今回、川面の色の差異については一定分光反射率を用いて議論できることが判明したが、河川の分光放射特性に関する研究はほとんどされていない。今後、こうした放射特性を理解することによって、衛星等利用

Myoujinbashi



した広域的な実態把握，モニタリング  
が可能になるものと考えている。

参考1：左図は今回の観測地の橋上か  
らの写真を示す。

参考2：可視領域の色と波長

Kawanomebashi



Otsugigataki



Asakanagamori



Abukumabashi

