

図-5 各濃度における輝度値の鉛直分布

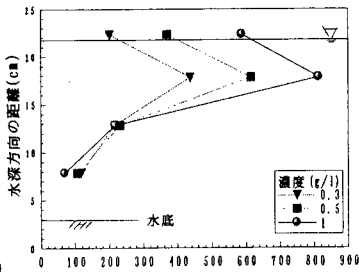


図-6 各濃度における照度の鉛直分布 (lx)

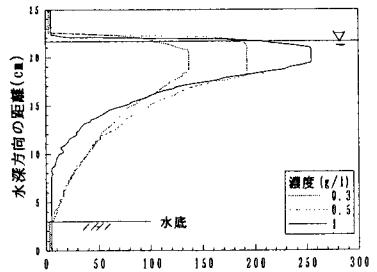


図-7 照度を基準に補正した輝度の鉛直分布の比較

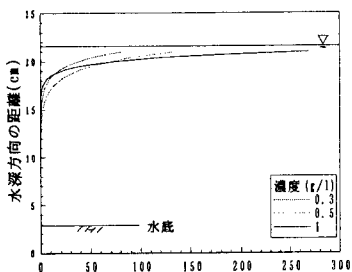


図-8 各濃度での減衰項の鉛直分布の比較

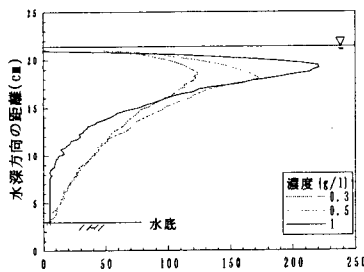


図-9 各濃度での多重散乱項の鉛直分布の比較

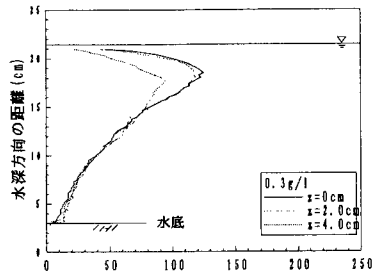


図-10 水槽奥行き方向の多重散乱項の鉛直分布の比較

4. 輝度—濃度関係式を用いた計算結果

次に、輝度と濃度の関係式について理論的に考察する。ここでは、光の伝播特性を表す放射伝達方程式⁽¹⁾ (神田ら)を参考に誘導した。詳細は省略するが、最終的には輝度—浮遊物質濃度の関係式を次式で表す。

$$L(x, y, z) = K(x) \exp \left\{ -\alpha(x)c(y\Delta y + z\Delta z) \right\} c + \beta(c, x, y, z) \quad (1)$$

ここで、 L : 輝度、 K : 散乱項と入射光強度によって決まる係数、 α : 散乱係数、 β : 射出項、 Δy : 1画面の実長、 Δz : 計測断面間隔、 c : 濃度である。

つまり、(1)式の右辺の第1項は減衰項を、第2項が射出項を示している。射出項には媒質が熱源を持つ真の射出と散乱項の一部が再び光路上に戻ってくる見かけの射出(多重散乱)の両方が含まれている。そこでサーモグラフィ(チノー, CPA-570)を用いて、温度分布を調べたが、レーザーを照射しても温度分布に変化が見られなかったため、本研究では、この射出項を多重散乱項として取り扱う。解析手順としては、水面方向(x 軸方向)に散乱係数 $\alpha(x)$ と係数 $K(x)$ を実験値より同定することです。式(1)の減衰項を評価する。なお、これら未知定数の同定については講演時に発表する。図-8は各濃度(水槽前面, $z=0$ cm)の中央断面(A)における減衰項の鉛直分布を示す。減衰項は図より、濃度に関係なく水表面下5.0cm以内のみに分布し、水深方向に急激に減衰していることがわかる。次に多重散乱項 β は輝度から減衰項を差し引いたものとして次式で評価

する。

$$\beta(c, x, y, z) = L(x, y, z) - K(x) \exp \left\{ -\alpha(x)c(y\Delta y + z\Delta z) \right\} c \quad (2)$$

図-9は各濃度(水槽前面, $z=0$ cm)ごとの中央断面(A)における多重散乱の鉛直分布を示す。図より、各濃度とも水深方向(y 軸方向)において水面から3.0cmの深さで最大値をとっている。また多重散乱項は、濃度が高くなるにつれて、そのピーク値が高くなり、これより高濃度ほど多重散乱の影響が大きいことがわかる。図-10は0.3g/lの奥行き方向(z 軸方向)の多重散乱の鉛直分布を比較した。奥行き方向に進むほど多重散乱の影響は小さくなっていることがわかる。

5. おわりに

今回、ビデオ画像の輝度と浮遊物質濃度の関係や輝度と照度との関係を調べ、濃度場の逆解析のために、輝度との相関の高い照度を用いて、輝度の補正方法を提案した。また、理論式に基づいて、減衰項や多重散乱の特性についても検討を行った。今後は、多重散乱項の濃度依存性を実験結果に基づき定式化し、浮遊物質濃度の逆解析を行う予定であり、これらの結果の詳細については講演時に発表する。

<参考文献>

- 1) 神田ら(1999): 光の多重散乱の影響を考慮した浮遊物質の画像計測法、水工学論文集、第43巻