

可視領域における濁水中減衰係数の濁度および粒径依存性

The Dependence of Attenuation Coefficients for Turbid Water on
Turbidity and Particle Size in the Visible Spectral Region

高橋 英俊 森 実紀夫* 斉藤 利貴* 剣持 庸一*

Hidetoshi Takahashi Mikio Mori Toshitaka Saito Yoichi Kemmochi

高橋 義明** 朝妻 春和**

Yoshiaki Takahashi Harukazu Asazuma

運輸省港湾技術研究所機械技術ロボティクス研究室

Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport

石川島播磨重工業(株) *光応用グループ **船水中グループ

Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co.,Ltd. *Applied Optics

Technology Group, **Underwater technology Group

Abstract

We examined the dependence of attenuation coefficients for turbid water on turbidity and particle size in the visible spectral region. The results show that attenuation coefficients are strongly dependent on particle size and less dependent on turbidity. Attenuation coefficients by particles less than $1.104\mu\text{m}$ are low on the long wavelength side, while by particles more than $2.02\mu\text{m}$ are low on the short wavelength side. Moreover, attenuation coefficients by particles less than $6.4\mu\text{m}$ change rapidly in proportion to turbidity, while attenuation coefficients by particles more than $11.9\mu\text{m}$ are not dependent on turbidity so much and show roughly constant values in the blue-green spectral region.

1.はじめに

海水中における光の伝搬性質は、太陽光やコリメートランプ光に関してはDUNTLEY¹⁾、レーザー光に関しては中尾²⁾らによって詳細に調べられている。その中で、可視光領域に唯一透過窓(透過率が最大になる波長域)が存在し、かつ減衰係数(以下 α と略)が大きくなるにつれて、透過窓が長波長側にずれることが明らかにされている。しかし、これらの調査は α が $0.5/\text{m}$ 以下の一般海洋水を対象にしており、濁度の著しい港湾内などの海水に対しては考察を行っていないようである。

現在、我々は港湾工事等で用いる濁水中視認システムを開発中であり、そのシステム設計を進める上で、可視領域における α の濁水パラメータ依存性を調べる必要があるとってくる。

2.実験内容

(1)試料調整

均一な粒径が得られ、完全な散乱体(白色真球形)と考えられるユニフォームラテックス粒子(粒径 $0.605\sim 90.7\mu\text{m}$ 計8種類;Uniform Latex Particles:SERADYN社製)を、純水で濁度 $1,3,5,7,10\text{ppm}$ に調製したものを試料として用いた。調整試料は特注の透過率測定用セル(光路長 1m ,容量 10l ,光学窓は合成石英製)に封入した。

(2) α 測定

可視光領域の8波長($457.9,476.5,488.0,496.5,501.0,514.5\text{nm}$ [以上アルゴンイオンレーザー], 532nm [YAGレーザー], 632.8nm [アルキムネオンレーザー])を用いて、濁水を満たしたセル前とセル後の位置でレーザー出力を測定し、下式により α を算出した。

$$\alpha = -2.3 \log(I_{out}/I_{in} * 0.928) \quad (\text{単位: /m})$$

式中の I_{in} はセル前のレーザー出力、 I_{out} はセル後のレーザー出力、係数 2.3 は \ln (自然対数) から \log (常用対数) への変換係数、係数 0.928 は光学窓 (2 枚) によるレーザー出力の反射損失係数を示す。又、測定は外光や風による影響を避けるため暗室内で行った。

3. 実験結果

(1) 純水における α をコントロールとして fig.1 に、 α の濁度、及び粒径依存性を示す結果を fig.2 ~ 6 に示した。 α の値は、粒径が $1.104 \mu\text{m}$ 以下では長波長 (赤) 側が、粒径が $2.02 \mu\text{m}$ 以上では短波長 (青~緑) 側が小さくなっている。また、粒径が $6.4 \mu\text{m}$ 以下の α は、濁度によって大きく変化するが、粒径が $11.9 \mu\text{m}$ 以上の α は濁度による変化が小さく、かつ青から緑の波長領域でほぼ一定となることが明らかになった。

4. おわりに

今回の実験で、減衰係数 (α) は濁度だけに依存せず、濁水を構成する粒径を考慮する必要があることが判明した。今後、減衰係数が濁水を構成する粒径の比率でどう変化するかを検討していく予定である。

尚、本研究は運輸省港湾技術研究所と石川島播磨重工業の共同研究作業の一環として実施されたものである。

参考文献

- 1) S.Q.DUNTLEY: "Light in the sea", J.Opt.Soc.Am., Vol.53, P.214 (1963)
- 2) 中尾 定彦: レーザ光の水中伝播に関する研究 (1979)

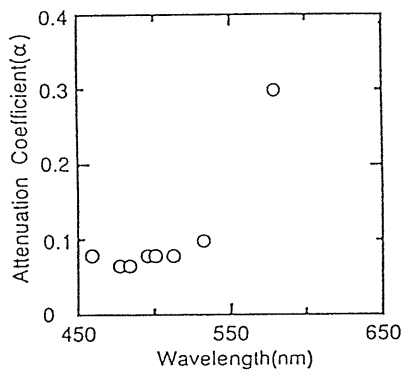


fig.1 Attenuation Coefficient as a function of Wavelength Pure Water

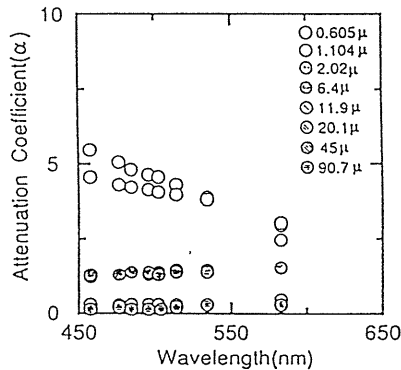


fig.2 Attenuation Coefficient as a function of Wavelength Turbidity 1 ppm

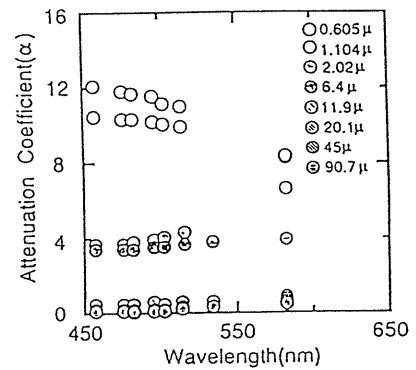


fig.3 Attenuation Coefficient as a function of Wavelength Turbidity 3 ppm

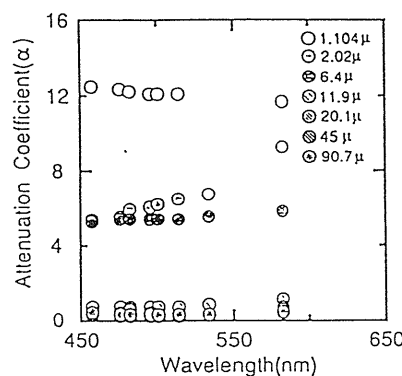


fig.4 Attenuation Coefficient as a function of Wavelength Turbidity 5 ppm

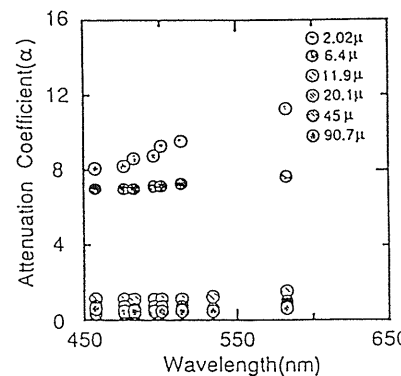


fig.5 Attenuation Coefficient as a function of Wavelength Turbidity 7 ppm

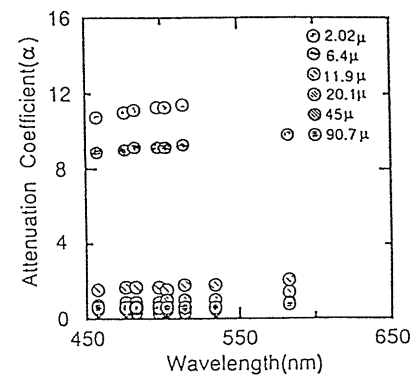


fig.6 Attenuation Coefficient as a function of Wavelength Turbidity 10 ppm