



Title	海中濁度の研究：第1報 濁度計の試作と予備的観測
Author(s)	福田, 雅明; FUKUDA, Masaaki; 井上, 直一 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 5(1), 99-104
Issue Date	1954-05
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/22853">https://hdl.handle.net/2115/22853</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	5(1)_P99-104.pdf



# 海中濁度の研究

## 第1報 濁度計の試作と予備的観測

福田 雅明・井上直一・西沢 敏

(北海道大学水産学部漁法物理学教室)

### Investigation of Turbidity in the Sea

#### I. Design of a turbidity-meter and preliminary observation

Masaaki FUKUDA, Naoibhi INOUE and Satoshi NISHIZAWA

*Faculty of Fisheries, Hokkaido University*

#### Abstract

The investigations of turbidity and suspended matter in the sea have recently attracted not a little attention in oceanography and fishery science. The turbidity and suspended matter in the sampled water, however, do not always remain in the same state as in the sea. The authors designed a turbidity-meter which made it possible to measure the turbidity *in situ*, without its being disturbed by the day-light. Some measurements were done with this turbidity-meter in the oceanographical survey of Ishikari Bay in August, 1953, using the "Oshoro Maru", the training ship of the Hokkaido University. Several types of vertical distributions were observed in the coastal water, the offshore water and where the both waters were mixed. In some cases, the turbidity indicates the water mass which is characterised by distinctive salinity and temperature, as is shown in the salinity and turbidity distribution in 25 m and 50 m layers in Ishikari Bay. This coincidence of the distributions of turbidity and salinity is often disturbed by the precipitation of suspended particles or upwelling of the detritus accumulated on the bottom because of turbulence, as shown in the sectional diagram of the distribution of turbidity and salinity along the flow of the river water into the sea. At an observing station off Takashima, a continuous measurement was also carried out for 24 hours, when a diurnal variation of turbidity was observed that suggested to the authors a creeping movement of the offshore water on the coastal floor, caused by the tidal current. At the same station, turbidity was also measured using filtered light. The results showed that the absorbing or scattering of each stratum showed different characters as the filter is changed. Close relationship between the indication of the turbidity-meter and the transparency indicated by the Secchi-disc was also obtained, though these seemed not to be a perfect one to one correspondense. Further research is necessary to make this point clear.

#### 緒 言

従来セツキ板によつて定義された透明度と云う概念が海洋観測量の一つとして用いられていた。然しこれは海の表層だけのもので、中層及び底層の透明度はこのような方法では測る事が出来ない。潜水探測器 (Inoue, Sasaki & Oaki, 1952) で観測して見ると海中の透明度は表層、中層、底層で異り、又その変化もなかなか激しいものである。この透明度、又はその逆の濁りを構成する因子は複雑なものであるがこれ

は水塊自身が含有している物質によるばかりでなく、海底の推積物質との間に擾乱による交換も行われて得られる物質の影響もあるに違いない。この様な意味で海中の濁りは水塊又は水塊の流動の歴史を示す一つの指標となるものと考へられる。最近 Jerlov (1953) は海中の微粒子懸濁物を Tyndall-meter によつて測定し、水塊の流動を非常にはつきりと調べている。然し Jerlov も云つているように、一度海水を採水してしまつてからの懸濁状態は現場に於ける状態とは多少変化するらしく、出来れば現場に於いて直接の観測が望ましいのである。然しこれは中々困難な仕事であつて深海では殆んど不可能である。Joseph (1949) は現場で任意の波長の光で測る事の出来る濁度計を製作して浅海の濁りを測定している。V. K. Wyrcki (1950) は同じ測定器を用いて海中の擾乱を解析している。海中の濁りを知ることによつて特に沿岸の複雑な流動を知り、更に濁りに対する魚族の生態等を知る事が出来るならば濁りの研究は将来漁場や漁法の研究に有力な手段を与えることとなる。

我々はこの様な観点から海中の濁りの研究を計画し、先ず濁度計の試作にとりかゝつた。この報告は専ら試作した濁度計の構造及び、これを用いて予備的に行つた二三の観測に就いて書かれたものである。

### 装 置

海中現場で濁度を測定する方法は色々あるが、我々は海中に光源を置き、その光束が海中を通る間に吸収散乱されて減衰する割合から濁度を測定する方式を採用した。

Fig. 1 に装置の外形の写真を、Fig. 2 に装置の電気回路図を示す。電源部、増巾測定部は船上に置き、

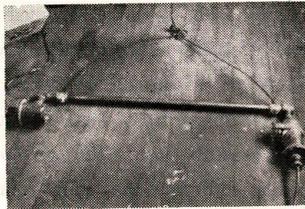


Fig. 1. Photograph of the instrument

光源部、受光部はワイヤーで吊して海中に下す。光源部、受光部は各々直径約10 cm の砲金の円筒に納め、直径約4 cm の砲金製の水平な棒に任意の距離はなして固定されるようになってゐる。電源は6 V の蓄電池2個(1)を直列にしたものから採つた。真空管用のB電源は、12 V 蓄電池からコンバーター(2)を用いて150 V を作つた。光源用ランプ(5)は12 V, 6 W の自転車用ランプを利用した。此の光度

の調整のための可変抵抗(3)とその電流を測る電流計(4)をランプと直列に接続させた。ランプの直前にセクター(6)を置き、それを小型モーター(7)で回転させそれによつて強さ一定の光束を点滅光束に変調した。受光部の窓のそばに光電管マツダ PG-50 G (8)を置き、コンデンサーで真空管1T4 (9)に結合してある。増巾測定部には、2個の真空管1T4, 3S4 (10)を用い、出力を亜酸化銅整流器(11)で整流して100 $\mu$ A の電流計(12)で測定するようにした。減衰器は増巾部の入力側に設け、これによつて測定範囲を5段階に分けた。光源の発散光束をセクターによつて約400cycle/sec の変調光束にしたので、光電管より増巾用真空管に入る入力は外界の光の強さに関係なく、セクターによつて変調された光束だけによる電圧になる

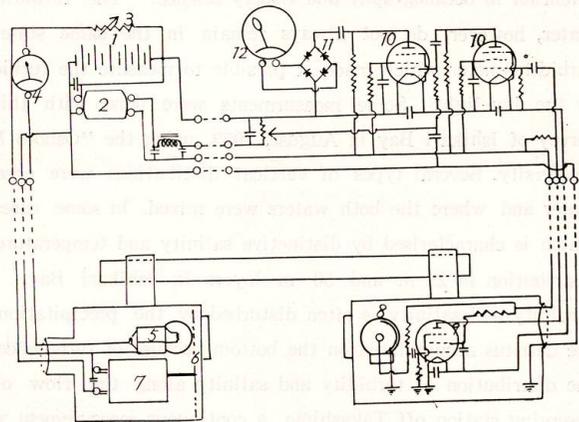


Fig. 2. Schematic diagram of the turbidity-meter

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| 1) Cell                | 7) Motor                    |
| 2) Converter           | 8) Photoelectric tube       |
| 3) Variable resistance | 9) Vacuum tube              |
| 4) Ammeter             | 10) Vacuum tube             |
| 5) Lamp                | 11) Cuprous oxide rectifier |
| 6) Sector              | 12) $\mu$ -Ammeter          |

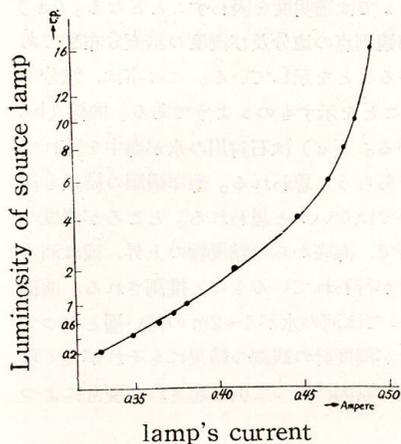


Fig. 3. Characteristics of the source lamp

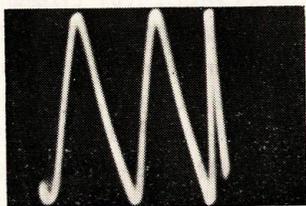


Fig. 4. Form of the sectioned light

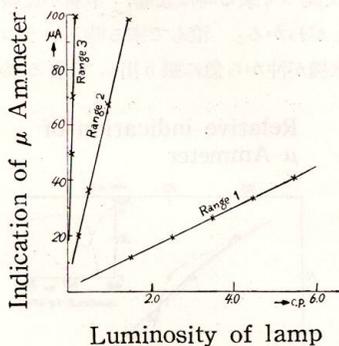


Fig. 5. Characteristics of the indicator

ターの続みを表わす。濁りを示すのに消滅係数を用いる方法もあるが此の装置の測定からそれを計算出来るまでの基礎実験を行っていないので、此処ではとりあえずメーターの続みをそのまま記録した。但し此の装置ではメーターの読みの逆数が

のが此の装置の特徴である。此の濁度計を写真暗室に入れて測定した値と、太陽の照つている野外(約10000ルクス)で測定した値との差は1%以下であつた事から外界の明るさの影響は殆んど無視してもよいと云う事がわかつた。但し海で測定した場合水面直下では波による光のちらつきが大きいのでそれによる影響は可成り大きかつた。然しそれも7m以上深くなるとほとんど無視出来る程度になる。又この光束を変調する方法は増巾が非常にたやすく出来ると云う利点がある。

光源用ランプ(5)の電流と光度との関係をFig. 3に示す。横軸を電流の平方根目盛として目盛つても曲線は直線にはならなかつた。モーターの廻転数は大体33cycle/secであるが、約1~2cycle/secの変動はほとんどメーターの続みに変化を与えない。光束のセクターによる変調をオツシログラフで見るとFig. 4のようになっていて、ほとんど正弦波である。光源の光度と測定部のメーターの続みとの関係は、Fig. 5の様に直線で表はされる。それでメーターの示す値は光電管に受けた光に比例するものと考えてさしつかえない事がわかつた。この特性は温度によつて極くわづか変るようであるがこの点については目下研究中である。

#### 観測及び考察

昭和28年7月29, 30日の2日間本学部練習船おしよろ丸で石狩湾の海洋観測を行つた際、この濁度計を用いて濁りの測定も行つた。観測点はFig. 6に示す18地点であるが、9, 14,

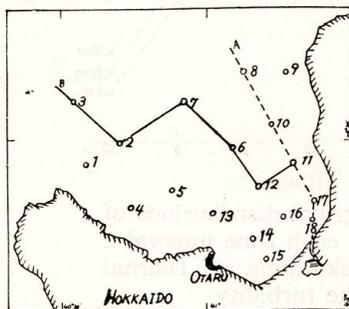


Fig. 6. Location of stations

15, 16の4地点は濁度計が故障のため測定出来なかつた。測定結果のうち典型的なものをFig. 7の(a)(b)(c)(d)に示した。この図で縦軸は深さを、横軸は塩分及び濁度計のメー

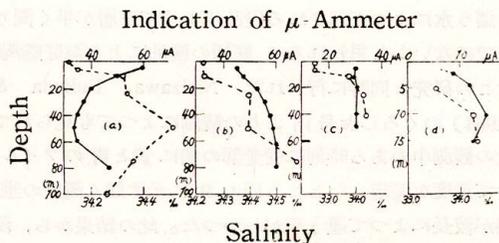


Fig. 7. Vertical distributions of the turbidity and the salinity

濁りの目安となる様に出来ている。従つてメーターの読みはそのまゝでは透明度を表わすこととなる。(a)は第1観測点、(b)は第3観測点、(c)は第12観測点、(d)は第18観測点の塩分及び濁度の垂直分布図である。曲線(a)は中層50m附近が、表層又は低層に比べて濁っていることを示している。この事は、塩分の垂直分布曲線からもうかがわれるように50m層に特別な水塊があることを示すものゝようである。曲線(b)は一番外洋に近い観測例で、深さが増すと共に単純に澄んで来ている。(c)は石狩川の水が海中を流れている所に近く、河水の影響と外洋水の影響を同時に受けているのであらうと思われる。海洋観測の結果も複雑な温度、塩分の分布を示し、色々な水塊の混合が行われているのではないかと思われる。ところが濁度の方は深さによつてほとんど変化していない。こゝは比較的浅い場所で、海底からの懸濁物の上昇、或は河水によつて運ばれた懸濁物の沈下等が原因になつて急速に濁りの混合が行われているものと推測される。曲線(d)は石狩川の河口に一番近い地点で測られたものであつて、こゝでは河の水が1~2mの薄い層となつてかなり広く海面を覆つて流れているのが船の上から見る事が出来たが濁度計の観測の結果にもそれが良く現われている事がわかる。底が少し濁っている事は海水の流れや其他の原因によつて引き起された擾乱によつて底の沈着物が舞い上つたものではないかと思われる。

同年8月8日には、小樽高島沖2マイルの地点で潜水球くろしお号による観測が行われた。その時旋によつて固定された母船おしよ丸上から同時に濁度計を下して濁度の時間的変化を測定した、Fig. 8にその結果を示す。

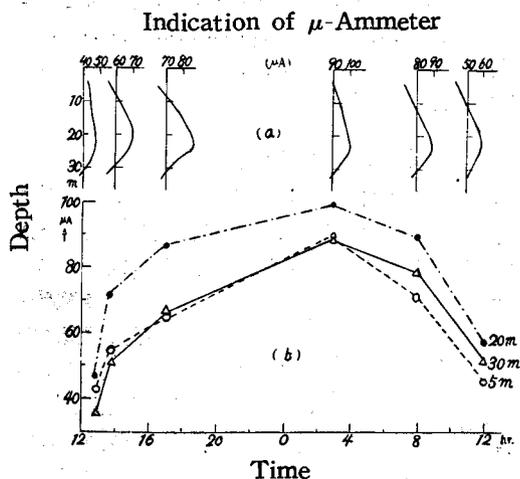


Fig. 8. (a) Vertical distributions of turbidity at each time interval 2 miles off Takashima (b) Diurnal changes of the turbidity

で、やがて潮流が停止して次に中層水が沖に引き始めると下層を這う水によつて起される擾乱によつて下層が早く濁り始めるのではないかと思われる。底層の擾乱による海底懸濁物の上昇はこの研究と同時に行われた Nisizawa, Fukuda & Inoue (1954) のくろしお号内よりの観測によつても見られている。此の観測中のある時刻に受光部の前に黄と青のフィルターを付けて濁度を測定したところ Fig. 9 に示す如く濁度の垂直分布曲線が波長によつて違う事がわかつた。此の結果から、深さ22m附近には黄色い光を良く通し、30m附近には青い光を良く通す層が存在する事がわかつた。然し残念ながら波長を変えた測定

結果を示す。図の(a)では縦軸が深さを、横軸はメーターの読みを表はし、(b)では縦軸がメーターの読みを横軸は測定時刻を表はす。又(b)の曲線は深さ5m、30mの各深さに於ける濁度の時間的変化を示している。此の観測は一日間より行えなかつたのはつきりした事は云えないが、濁度はほぼ一日周期で変化してこの変化は潮流と関係あるものと思われる。20m層と30m層の変化を比べると澄んで来る時は中層が急で、上層や下層は緩慢であり、又濁つて来る時は底層、中層が比較的早いことがわかる。澄んで来る時というのは中層の水塊が沖から急に張り出して来る時

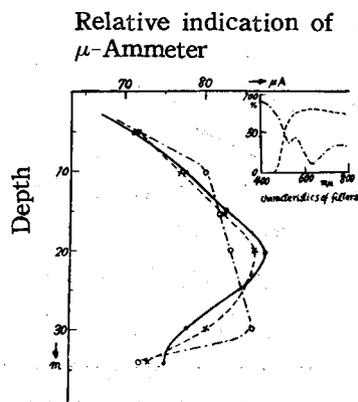


Fig. 9. Distribution of the turbidity to the filtered light by the yellow filter and blue one

は一度しか行えなかつたので、これ以上論ずることは出来ないが、此の様に波長によつて濁度の特性が違ふ事を利用して水質の分析をする事も可能であるかも知れない。

石狩湾で行つた海洋観測の資料から 25 m 層に於ける塩分及び濁度の水平分布を描いてみるとそれぞれ Fig. 10, Fig. 11 のようになる。この図をみると塩分と濁度の間には密接な関係があるようで、例えば塩分分布の方から推定される外洋水の張り出しが濁度分布の方でも同じような形で窺われる。これは濁度が水塊の指標と考へられるような例であるが然しそうでない場合もある。沿岸の海域ではむしろ一般には濁度と塩分の分布が一致しない事の方が多い。

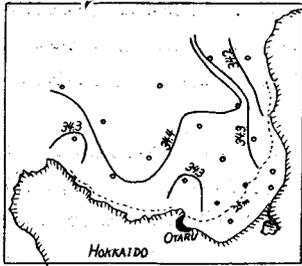


Fig. 10. Distribution of the salinity at 25 m layer

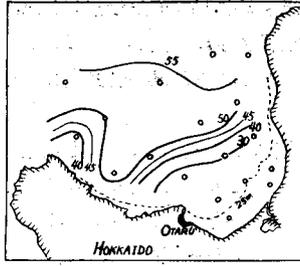


Fig. 11. Distribution of the turbidity at 25 m layer

その原因はいろいろあると思うが、その中でも濁りを構成するいろいろの因子が常に水塊に保

存されているとは限らず、比較的大型の微粒子は沈降し、又急激な擾乱によつて海底堆積物質が上昇し濁りが水塊に新に添加されると云うような事情が主なるものであらう。試みに Fig. 6 の A 線及び B 線に沿つた垂直断面について塩分及び濁度の分布を描いてみるとそれぞれ Fig. 12, Fig. 13 及び Fig. 14, Fig. 15 のようになる。A 線の断面では

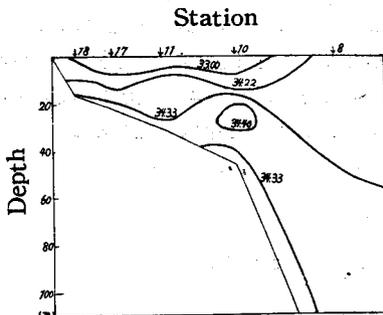


Fig. 12. Vertical distribution of the salinity at section A

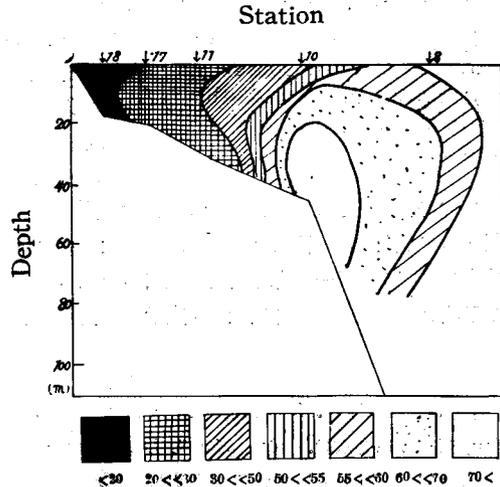


Fig. 13. Vertical distribution of the turbidity at section A

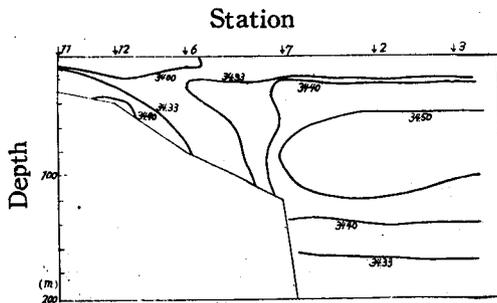


Fig. 14. Vertical distribution of the salinity at section B

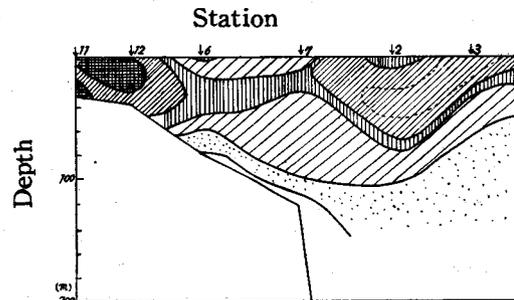
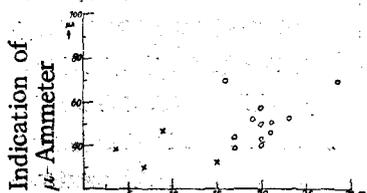


Fig. 15. Vertical distribution of the turbidity at section B

Fig.12にみられるように外洋水が海底を這い上つて沿岸の測点18近くまで迫っている。河水は10m以浅の表層を流れて測点10近くまで低塩分の断面を見せている。ところが濁度分布Fig.13をみると、その等濁度線はこの流れの方向にやや直角の弧状をなして流れの方向に次第に弱まつてゆく。これは河水中にある大型微粒子の沈降を示唆しているようである。中層近くやや澄んでいるのはこの層に澄んだ水の流れがあるものと思われる。次にB線の断面を調べて見る。Fig.14の塩分分布からは、測点11, 12, 6の間には上層に河水の断面が、又7, 2, 3の測点の中層に沖合高鹹水の断面が見えている。ところがFig.15の濁度分布を見ると、沿岸では河水の斜下方に向つて濁りの拡散が見られ又沖合測点2近くで下方高鹹水域え濁りの沈降がみられる。

濁度の測定を行うと同時にセツキー板による透明度の観測も実施した。Fig.16はこの両者の関係を示した



Transparency by Secchi-Disc

Fig. 16. Relationship between the transparency by Secchi-disc and the indication of turbidity-meter

ものである。図中の○印は前述の石狩湾での観測、×印は昭和28年9月20日に行つた津軽海峡での観測値である。透明度はセツキー板の上層の各位置の濁度の積分された効果として示されるもので、更に厳密にはセツキー板の下層の濁度も若干関係する筈である。実際に濁度計で観測してみるとFig.7の例の如く表層でも濁度垂直分布は一様ではない。Fig.16に用いた濁度計による測定値は、透明度として示された深さの丁度半分の深さに於ける値である。Fig.16でみると透明度と濁度計の読の間には正の相関があることは確かであるが、厳密にはこの両者が簡単な一義的の関係で示されるものではなさそうである。この理由は濁度及び透明度の本質に関する究明を俟たねば説明することが出来ないものと思われる。

この研究は潜水探測機くろしお号による潜水探測漁場調査の一環として行われたもので、研究費の一部は水産庁の補助金より支給された。この研究を実施するに当り観測母船として多大の便と協力を与えられた北大水産学部練習船おしよ丸船長三島清吉氏外乗組員諸氏に厚くお礼申し上げる。又一般海洋観測を担当しそれによつて種々貴重な資料を貸与され、沿岸流動の解析に有益なる示唆を与えられた北海道大学水産学部助教櫻井英登氏に深甚なる謝意を表す次第である。

#### 文 献

- Inoue, N., Sasaki, T. & Oaki, R. (1952). *Jour. Sci. Res. Ins.* 46.  
 Jerlov, N. G. (1953). *Rep. Sweit. Deep-Sea Exp.* 3 (Phys. & Chem. 3).  
 Joseph, V. J. (1949). *Deut. Hydro. Zeit.* 2 (5).  
 Wyrski, V. K. (1950). *Kieler Meeresforsch.* 7 (2).  
 Nishizawa, S., Fukuda, M. & Inoue, N. (1954). *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 5 (1).