

国際インド洋調査 (IIOE) と SCOR- UNESCO 化学比較作業について

齋 藤 要

国際インド洋調査 (The International Indian
Ocean Expedition, 略称 IIOE) とは

インド洋はアジア, アフリカ, オーストラリア及び南極の四大陸にかこまれた大洋で, 支海にペルシャ湾, 紅海を含み, 東はアンダマン海からマラッカ海峡にわたり, 太平洋との境はタスマニアの経度, 大西洋との境は喜望峰との経度でしきられており, その面積約 7,598.6 万平方呎の海面は地球表面の約 14% を占めている。この大洋に関する探検の歴史は地中海に次いで古く, 西歴紀元前 3000 年の頃, すでにエジプト人が紅海を, さらに紀元前 1500 年の頃にはフェニキア人がペルシャ湾と, 北インド洋の一部を探検航海していたと伝えられているが, 近世に至るまで, 科学的調査の実施された海域は太平洋及び大西洋の, それに比べきわめて狭く, 5° 平方に対し 1~4 観測点程度の領域が多いことから, インド洋の全貌についてはまったく経験的知識しか知られていなかった。そこで各国の海洋科学者の多くは, かねてから, この未知, 未開発の領域に対し近代科学のメスを加える必要性を唱えていたのである。この動向が一つの動機となり, 1957 年 8 月に国際学術連合 (International Council of Scientific Unions, 略称 ICSU) の内部に海洋の研究に関する大規模な世界機構の確立と, 国際的研究計画の立案及び実施を促進する機関として海洋学特別委員会 (Special Committee on Oceanic Research, 略称 SCOR) が設けられ, その第一回の会議で, 次の三つの長期計画が ICSU

に対して提案された。⁽¹⁾即ち、

1. 原子力の平和利用に伴なう放射性廃棄物の処理に関連した深海の研究
2. 地球物理, 地球化学とくに気候変化に関連した海洋の研究
3. 蛋白資源の開発に関連した海洋の研究

を内容とする長期計画で、これと同時に第一次対象海域としてはインド洋が選択され、その後1958年9月、SCORの第二回会議において国際インド洋調査(IIOE)のworking groupが正式に発足した⁽²⁾のである。

インド洋問題が正式に決定した理由としては、前述のごとく、従来その全域におよぶ総合的にして、かつ組織的な調査がなされていないということに加えて、インド洋には他の大洋にみられない前記長期計画に関連した独自の特徴がある点も考慮された。たとえば、インド洋は地球上最大の科学的に未知な深海を擁し、海底の約65%は4,000m以深で、放射性廃棄物の深海投棄所として有力な候補海域と推定されるが、その海底地形とか底質構造に関する研究はほとんど行なわれていない。またインド洋では季節によって貿易風が周年変化する。即ち冬期は北東風、夏期には南西風が吹きまくる現象も他の海洋に類のないことである。この貿易風が海流、海洋構造あるいは周辺諸国の気候にも大きな影響を与えていると予想されるが、これらに対する科学的検討もほとんどなされていない。さらにインド洋をかこむ、熱帯及び亜熱帯地方の多くは、人口が稠密で、この地域には世界人口の約25%が居住し、しかもその増加率が高いにも拘らず食糧の生産性が低いことから住民の食糧難、とくに蛋白摂取量の不足に起因する疾病の多い地方である。一方過去において、インド洋航行中の船舶が、アラビア海などで魚類の大量斃死の現象に遭遇した記録の多いことから、同海域の生産力は異常に高いものと予測されていた。そこでインド洋の蛋白資源供給能力を科学的に追求して、そ

(1) SCOR: Report of the Special Committee on Oceanic Research on the 1st Meeting at WOODS HOLE, August, 1957.

(2) SCOR: Report of the Special Committee on Oceanic Research on the 2nd Meeting at PARIS, September, 1958.

の生産力を把握することは、前述のごとき地域社会の食糧問題を解決する有力な糸口となり得る可能性がある。

以上述べたような理由に基づき、SCOR において IIOE が正式に決定したのであるが、その目的に鑑み、国際連合も本調査を積極的に支援することになった。SCOR は UNESCO の財政的援助を得て、IIOE の実施案について再三検討を重ね、その概略の成案を 1959 年、ニューヨークで開催された第一回国際海洋学会 (International Association of Oceanography) のおりに発表するとともに各国の IIOE への積極的参加を要請した。続いて、1960 年 7 月にコペンハーゲンで開催された SCOR において調査の具体的計画及び各国の分担事項の審議を重ね、IIOE 実施案を作製した⁽³⁾。次に同案の概略を述べる。

IIOE の調査期間は 1960 年から 1964 年までとし、^(註) 調査の重点を各国とも 1962 年から 1963 年におき、1965 年以後は調査資料の整理期間とする。また確定参加国は、オーストラリア、デンマーク、フランス、ドイツ、日本、ソ連、英国及び米国など 16 カ国で、各国の担当調査海域も担当期間との関連において重複することなく調整され、さらに IIOE の国際的研究課題も具体的に決定した。研究課題は部門別に分けられ、その内容は次記のごときものであった。

A 海洋物理学

1. インド洋における貿易風について、次記の事項を研究する。
 - (1) 風が海流を起こすのに要する時間
 - (2) 時間とともにこの海流は如何なる速度で深層に伝わるかの検討
 - (3) 海流を持続するエネルギーは、その何%が風から来て、何%が地域の気候の差異による水平方向の密度傾向に依存するかの追求

(3) UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC and OCEANOGRAPHIC RESEARCH: The Indian Ocean Expedition, Copenhagen, July, 1960.

(註) 当時ソ連は既に独自の立場でインド洋観測を開始していた。

- (4) 内部摩擦ならびに海底の摩擦は、深さに対する海流の速度分布にどのように影響するかの検討
 - (5) 海洋大循環の原因と、その影響についての究明
2. 太平洋で発見された赤道潜流はインド洋にも存在すると予想されるので、これについて調査し、海洋構造を究明する。

B 海洋化学

1. インド洋の 40°S 以北においては、他の海域と海水の交換が行なわれていないので、この海域においてはとくに陸水が海水の化学組成に及ぼす影響を塩素量、溶存酸素量、無機リン酸塩量、総リン酸塩量、硅酸塩量、亜硝酸塩量、硝酸塩量などに関連づけて検討する。
2. 前記栄養塩類の分布に基づく水塊分析と海洋構造の追求、さらに、それと放射性炭素 (^{14}C) による有機体の基礎生産力との関連性をも追求する。
3. 最近地球化学的方法によって、表層と深層間における海水交換の追求が可能となったので、この方法により全海域にわたって海水交換の実体を究明する。

C 気象学

1. 海洋と大気間のエネルギー交換について究明する。

D 海洋生物学

1. 季節により貿易風が周年変化することは、表層の海水循環に影響を及ぼすだけでなく、生物学的変化をもひき起すと予想される。たとえば湧昇が激しくなって、生産力の高い海域が現われ、かつその場所が次第に移動することもあり得るので、これらの実体を究明する。
2. 放射性炭素による基礎生産力の調査と同時に、これと関連ある海洋学的諸条件を観測し、生産力の実体と機構を追求する。

E 海洋地質学，地球物理学

1. インド洋の海底地形とか地殻構造に関する資料はきわめて少ないことから、これらを追求し、太平洋や大西洋との間にどのような差異がある

かを究明する。

2. 海底堆積物の採集及び海底写真の撮影などにより，過去数百万年間に起った堆積現象とか地磁気の変化に関する資料を収集する。

F 実用的調査

1. 浅瀬，潮境，渦流域及び湧昇域などを調査し，漁場の発見に努める。
2. 栄養塩や海洋生物の分布，性質及び季節的变化を調査し，魚族資源の種類，量，漁期などを究明する。

以上述べたような実施案の概要からも IIOE は，その国際的な組織とか広範な研究内容などの点において，従来の海洋研究の分野は勿論，他の自然科学の分野においても例の少ない大規模な国際研究体制であることが理解される。このような研究体制のもとで，インド洋を対象とする未知の科学的事実の追求が，1960年からオーストラリア，フランス及び米国などによって開始されたのである。

国際インド洋調査と日本

日本は海洋に関する研究活動の分野においては，世界の先進国間でも一流国といわれる実績を有しており，前述のような IIOE の動向については，当初から直接または間接的に関係を保持して来た。即ち，1957年8月に ICSU の組織内に SCOR が発足すると同時に，日本においても，それに対応した組織を結成すべきであるとの要望が関係学会より学術会議に提案され，その要望に基づき 1958年4月の日本学術会議第26回総会において，海洋学研究連絡委員会 (National Committee of Oceanic Research, 略称 NCOR) を設置することが可決された。その発足の趣旨には「……昨年国際学術連合内に海洋特別委員会を設け，将来海洋研究の大規模な世界機構を企画しており，年々国際的な協力を必要とする事項が増大しつつある。従来は地球物理学研究連絡委員会海洋分科会内に国際協力海洋調査小委員会を設けて，先年の国際地球観測年などを円滑に運営するための役割を果たして来たが，上述のよう

に海洋学の傾向が、物理学のみならず、他の自然科学の諸分野に広くまたがり、また国際的協力事項が年々増加する現状においては、到底この小委員会では十分処理することが出来ないと考えられる。よって内外の情勢に適した国際協力と、その連絡にあたる委員約 30 名の海洋学研究連絡委員会を設置するのが必要と考えられる。」と述べている。この設立の趣旨にもみられるように、同委員会は国際的海洋研究の連絡調整に当ることを目的として発足したのであるが、前述のごとき SCOR より提案された IIOE 問題については、国内の関係機関と協議し、その計画を積極的に推進する点において充分なる機能を発揮することが出来なかった。これは同委員会が実施機関ではなく一種の advisory の性格が強かったことや、その活動に予算的な裏付のなかったことも考えられるが、さらに根本的な原因としては学術会議内の関係委員会（国際地球観測委員会、南極地域観測特別委員会など）間に協力性のなかったことと、関係官庁（文部省、大蔵省、運輸省、科学技術庁など）間にみられた IIOE の実施に関する責任転嫁の動向などが考えられる。以上のような事情もあって、日本における IIOE 問題の検討はしばらく停滞し、その具体化は進まなかったのであるが、1960 年 2 月、IIOE 国際調整官兼事務局長の Dr. G. SNIDER の来日を契機として急速に進展するようになった。

彼は IIOE における日本の分担事項に関する提案と、その打合せを目的として来日したのであるが、滞日中に関係学会、学術会議及び政府の関係者と会い、次のことを要望した。即ち IIOE 事務局は約 637.5 万ドルの経費で、全長 22.5 万マイルにわたる海域の協同調査を立案し、各国にその分担を要請しているが、日本には東インド洋側を主要分担海域とし、約 80 万ドルの経費で、4 隻の観測船による延べ 2 年 8 カ月にわたる調査を希望し、さらに各国は独自の研究課題がある場合でも、全課題の 50 % 以上は SCOR の選定した指定研究課題とすることを要望するとともに日本が、この案に基づく IIOE 協力体制を早急に樹立することを強く要請したのである。この間において、彼は日本における IIOE 問題の処理機関の複雑性に奇異の感を抱いた

ようである。いずれにしても、Dr. G. SNIDER の来日が一つの動機となつて、1960年6月、学術会議は第31回総会において、改めて IIOE 問題を討議し、その議決に基づき、内閣総理大臣に対して、日本の IIOE への参加について適切な措置を講ずるよう勧告した。この勧告を受けた政府は科学技術会議において審議した結果、IIOE 問題を取扱う政府側の機関は測地学審議会と決定した。続いて、同審議会は1960年7月の総会において、この問題を討議し、その議決に基づき、学術会議に対し SCOR に対応する新組織の設置と、日本における IIOE 実施計画案の提出を求めたのである。この要望を受けた学術会議は関係研究連絡委員会（海洋学、地球物理学、化学、地理学、生物学など）の意見に基づき前述の海洋学研究連絡委員会を改組して、海洋学特別委員会を新たに発足させ、IIOE への参加案の作成と、その実施調整に当らせることになった。同委員会は、さらにインド洋調査常置小委員会を設置し、その内部に測深、地質、地理、地球物理、海洋物理、気象、海洋化学、海洋生物、生産力、水産海洋、調査データ及び機関代表の各 working group（作業委員会）を設けた。このような組織で各グループごとに SCOR の研究課題に基づく具体的調査項目、研究方法及び日本独自の研究課題の選定などについて協議を重ね、各グループの結論をさらに総合的に検討する作業も再三行ない、同委員会は1961年6月に最終的な IIOE 日本参加計画案を完成した。同案が学術会議及び政府に提出され、その後、計画案の内容は若干変更されたが、大要は承認され、かくして日本は1962年12月からインド洋の $8^{\circ}\text{N}\sim 32^{\circ}\text{S}$ 、 $78^{\circ}\text{E}\sim 114^{\circ}\text{E}$ の海域を主対象とし、未知の世界を追求する IIOE に参加する運びとなったのである。

SCOR-UNESCO 化学比較作業（国際化学比較作業）とは

IIOE のような、地球表面積の約 14% を占めるインド洋を対象とする大規模な国際調査の実施に当っては、当然のことながら参加各国の調査実施時期、担当海域及び研究課題などの調整を行なう必要がある。この作業は前述のご

とく主として SCOR 及び IIOE 事務局を中心として進められ、1960年7月に各国に対する研究要求項目が決定した。ところで、この項目について得た各国の実施データを集約し、総合的結論を得るためには、先ず研究方法、測定計器類及び表示単位などを国際的に統一することが望ましい。この統一を特に必要としたものはプランクトン採集法、基礎生産力測定法及び海水の化学分析法である。日本における、この作業は IIOE 日本作業委員会の生物作業グループと化学作業グループによって進められた。筆者は化学作業グループの一員として、当初より本作業に参加したのであるが、次に同グループによる化学分析法に関する比較作業と、その関連事項について概要を述べる。

海水は無機電解質を主成分とする溶液で、約 60 種の元素を含んでいる。その含有成分の濃度は海域とか時期によって異なるが、微量成分を除いた主要塩類相互間の含有比は、ほとんど一定と考えてよい。しかし、それは外洋水について言えることであって、特殊な領域、たとえば内湾、陸水との混合の大きい海域及びフヨルドなどでは組成に多少の変動を示す場合もあるが、これらはむしろ例外である。

従って、最も含量の多い塩素量 (Cl) を測定すると、他の主要成分、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg) 及び硫酸根 (SO_4) の各量を推定し得るので、従来 of 観測では塩素量 (%) だけを測定し、塩分量…S (%) を M. KNUDSEN の式、即ち

$$S=0.030+1.7805 \text{ Cl}$$

に代入して求めていたが、最近塩分量と言う概念が化学的にきわめて曖昧なものであることから、塩素量の方が海洋学的に重要視されている。しかし、海水中には前記主要成分の他に多くの微量成分 (例、金…約 0.004 $\mu\text{g/l}$, 銀…約 0.3 $\mu\text{g/l}$) が含まれ、そのなかには海域とか時期によって大巾な変動を示すものがあり、その変動は、そこに棲息する海洋生物の量、種類、生存様式などと密接に関係する場合が多い、とくに溶存酸素、硅酸塩、リン酸塩、亜硝酸塩及び硝酸塩のごとき栄養塩類は生物の生活を支配していると言

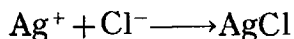
える。また、海水中の成分間の平衡関係は海洋生物の生活現象に伴う同化及び異化作用によって変化するが、その度合いは海水中の水素イオン濃度 (pH) の測定によって推定することが出来る。

従って、前記の諸成分を定量すると同時に水素イオン濃度を測定することによって、海洋生産力の解明は勿論、さらに水塊分析、海洋構造及び表層と深層間の海水交換の追求も可能となるのである。

SCOR が IIOE の化学部門への最小要求項目として、全測点及び各採水層 (最大、0~5,000 m 間の 26 層) における、これら成分の分析を指定したのは以上述べたような理由によるものと考えられる。

日本化学作業グループにおいては IIOE の化学分析要求項目を中心として比較作業を行なったのであるが、次に主要な対象成分について定量原理と標準化作業の概要を述べる。

塩素の定量：海水の塩素量は、一般に海水 1 kg 中に含まれる塩素、臭素及びヨウ素 (ハロゲン元素) の全量を g (プロミル‰) で表わし、その分析法については国際委員会 (1902) によって、20 世紀の当初から国際的に統一されている。即ち、分析法としては原則的に F. MOHR の銀滴定法⁽⁴⁾を用いるのであるが、それは硝酸銀の標準溶液で一定量の海水を滴定すると、次式のごとく



硝酸銀水溶液中の Ag イオンと海水中の Cl イオンとが化合して塩化銀 (実際の海水では、少量の臭化銀とヨウ化銀を含む) の白色難溶性沈殿を生ずる。この滴定の終点を定めるためには、少量のクロム酸カリウム (K_2CrO_4) 水溶液をあらかじめ海水に加えておくと、そのクロム酸イオンの黄色がクロム酸銀 (AgCrO_4) の生成によって微赤褐色をおび、その色調が消えない点によって終点を定める、これが MOHR の銀滴定法の原理である。しかし、同

(4) 中央气象台編集：“海洋観測指針” p. 144, 日本海洋学会 (1956)。

法は最近の進歩した分析化学の技術からみると若干の欠点がある。その一つは、滴定の際に塩化銀の沈殿が凝集し、その強い吸着性によって溶液中に存在している Cl イオンが沈殿の中に包含されてしまうことから、滴定にあたっては絶えず強い攪拌を続けることが要求される。それでも、なお滴定の終点は早く来過ぎる傾向がある。このような欠点、即ち塩化銀沈殿の凝集による誤差を防ぐためには、試水へのデンプンとかゼラチンのような保護膠質溶液の添加がかなり有効である。また、第二の欠点は、指示薬のクロム酸イオンの色調は黄色であり、終点の判定に用いるクロム酸銀の色調は微赤褐色で、液は黄色から次第に微赤褐色に変化するために、その終点が明瞭でないことである。このような終点判定法として、最近、吸着指示薬（水に溶解した時に解離する^(註)ような有機色素類）が広く用いられ、電位差滴定法に次いで最も精度の高いものであることが認められている。塩素定量用の吸着指示薬としてはフルオレッセイン (Fluorescein) または、そのナトリウム塩であるウラニン (Uranin) を用いるが、この場合の反応は試水中の Cl イオンが銀滴定によって完全に AgCl になると Cl イオンがなくなって、逆に Ag イオンが過剰になり、Ag イオンは AgCl ゾルに吸着して、ゾルは陽に帯電する。一方液中にあるフルオレッセインは陰イオンであるからゾルが陽に帯電するや否やフルオレッセインイオンはゾル表面に吸着され、その吸着とともに液の色調は黄緑色から桃色に変化する。この変色は前述の MOHR 法におけるクロム酸銀の生成による変色よりも鋭敏で、滴定終点の判定が容易であることから日本などでは IIOE 実施以前に採用していたのである。

ところで、IIOE における塩素の定量に際し、同一試水につき MOHR 法

(註) 電位差滴定 (potentiometric titration) とは、電解質溶液と電極との界面において、ある特定の電極反応が起る場合には、その電極の示す電位は電極反応にあずかる物質の作用量の函数となる。これを応用し、電極電位を決定する物質と化学的に反応する物質を用いて滴定を行なうと、その進行に伴なって電極反応にあずかる物質の作用量が変わるため電極電位が変化する。この変化を利用しての終点を求める滴定のことを言う。

で測定した国の定量値と吸着指示薬法で測定した国の定量値との間に差異があれば、各国間のデータを総合的に比較検討する場合問題となるが、塩素量に関する限りその懸念はない。と言うのは、海水中の塩素を定量する場合、各国は原則としてデンマークの Hydrographical Laboratory, Copenhagen で調製した塩素量既知の海水を標準海水として使用することが、国際的慣例となっているからである。従って、標準海水も試水も同指示薬を用いて滴定すれば、たとえ、分析法に若干の差があっても、その差は相互に消去されることになる。

標準海水は北大西洋の中央部で採水した海水を原標準海水とし、これを前記研究所に運び、塩素量を銀滴定法により、秤量ビュレット、秤量ピペットを使用して $\pm 0.0005\%$ の精度で定量したものである。この際、塩素量の基準としては、一番最初、F. SÖRENSEN によって検定された原標準海水の塩素量 19.380% を常に正しいものとし、これを基礎とし、塩素量をきめて来たのであるが、その算出には当然 Ag, Cl などの原子量を用いることになる。ところで、元素の原子量は一定不変のものではなく、その数値は国際原子量委員会によってたびたび改訂されている点に問題がある。^(註)

たとえば、最近の原子量値を用いて SÖRENSEN が検定した値 19.380% を再計算すると 19.3894% となり、 0.0094% の差を生ずるが、この差は実際の塩素定量に当っては無視し得ない値である。ここで新原子量をもとにして、従来の塩素量を補正するか、あるいは従来の塩素量の定義(前述)、そのものを改めて、塩素量値の一貫性を保つか、そのいずれにすべきかと言うことが問題となり、再三検討が加えられた結果、国際委員会は、混乱を少なくする配慮から後者の方式、即ち、塩素量についての新定義を採用した。それによると、 $\%$ で表現された海水の塩素量値は海水 0.3285233 kg 中のハロ

(註) 原子量は 1961 年までは、天然の酸素 (3 種の同位体の混合物) を基準とし、これを 16 と定めて他の原子の原子量を求めていたが、基準が混合物であることから、現在では ^{12}C (質量数 12 の炭素同位体) を基準とし、これを 12 と定めて、他の原子の原子量を求めるように改訂されている。

ゲンを沈殿せしめるに過不足なく必要な原子量測定用純銀の g 数に等しいことになる。この 0.3285233 kg なる数値は M. KNUDSEN と J.P. JACOBSEN が原標準海水（塩素量 19.3810 ‰）中のハロゲンに当量な原子量測定用純銀の質量を求めた結果、1 kg の原標準海水に対し、 $Ag = 58.99428g$ ($Cl = 0.3285233 Ag \text{ ‰}$) であることから得られた数値である。

IIOE の実施に当たっても各国は塩素の定量に標準海水を用い、また硝酸銀水溶液の濃度の誤差と、試水の密度の差による誤差を KNUDSEN の表による補正を行ない、さらに測定器具も器差補正をした KNUDSEN 型の自動ピペットと、自動ビュレットに規格化することによって塩素の定量は $\pm 0.002 \text{ ‰}$ の精度で実施することが可能となっていた。なお、今回の調査には海水中の塩分量を自動的に定量する Salinometer（^(註)塩分計）の使用もオーストラリアを中心として試みられた⁽⁵⁾。しかし、日本製塩分計の精度については若干問題があったため、わが国では、同計の本格的使用を差し控えた。

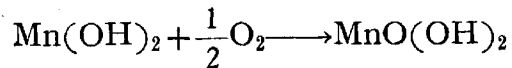
溶存酸素及び無機リン酸塩の定量：前述のごとく、海水中の塩素定量法については、IIOE の実施以前に国際的標準法が確立していたのであるが、それ以外の成分定量法についての基準化は未だ実施されていなかった。しかし、溶存酸素とか無機リン酸塩のような重要成分の定量法としては、各国とも原理的に大差のない方法を採用していた。

たとえば、溶存酸素の定量法は各国とも L. W. WINKLER ⁽⁶⁾法を採用しており、その原理は酸素を含む試水に水酸化マンガン ($Mn(OH)_2$) を加えると、酸化されて一部は褐色の $MnO(OH)_2$ に変化する。

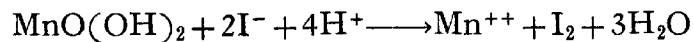
(5) N. L. BROWN: Deep-Sea Res., 8, 65-75 (1961).

(6) H. BARNES: "Apparatus and Methods of Oceanography," I. Chemical, 178-185 p, Allen and Unwin, London, (1955).

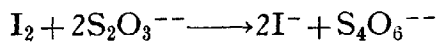
(註) 海水用の塩分計 (Salinometer) としては、含有塩類量が、その海水の電位差、導電率、高周波導電率などの函数であることを応用した数種の型がある。これらのうち高周波濃度計型、即ち高周波電界中に海水を置き高周波エネルギーの吸収によって生ずる回路の状態変化を電示的に塩分量として自記する連続方式が多く用いられている。



これにヨウ化カリウムあるいはヨウ素酸カリウムなどと塩酸を加えると、酸化されていたマンガンイオンは酸性においてヨウ素塩からヨウ素を遊離する。



この遊離したヨウ素を濃度既知のチオ硫酸ナトリウム溶液 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sol.) にて滴定すれば、間接的に酸素量を算出し得る。



即ち、試水の体積を a ml とし、滴定に要した N 規定のチオ硫酸ナトリウム溶液の量を b ml とすれば、試水 1 l 中の酸素の当量数は $b/a \cdot N$ となる。これを標準状態の酸素の体積で表わせば、

$$b/a \cdot N \times 5599 \text{ ml/l}$$

である。

また、無機リン酸塩の定量法は各国とも G. DONIGÈS 法 (Molybdate method)^{(7),(8)} を採用しており、その原理はリン酸塩を含む試水にモリブデン酸アンモニウムの硫酸溶液を加え、これを塩化第一錫のような還元剤で処理すると、 $\text{H}_3\text{PO}_4(4\text{MoO}_3 \cdot \text{MoO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ の組成を有する青色物質になる。その際の青色の度合いは試水中のリン酸塩濃度と比例的關係があるので、色調の強さを測定する比色法によってリン酸塩を定量することが出来る。比色法は肉眼によると主観的要素の導入される余地があるため個人誤差を生じ、また連続測定を行なうと眼の疲労などによる精度の低下も当然考えられる。そこで最近は各国とも色調の強さを光電比色計 (photoelectric colorimeter) で測定している、これは光源系 (光源とフィルター)、受光器 (光電池または光電管) 及び指示計 (電流計) からなり、色調の濃淡を、光電現象による電

(7) H. W. HARVEY: J. M. Biol. Assoc. U. K. 24, 334-359, (1948).

(8) H. BARNES: "Apparatus and Methods of Oceanography," I. Chemical, 151-155 p. Allen and Unwin, London (1955).

流の強さで表現する装置である。この場合の色調の濃淡と濃度との関係は LAMBERT-BEER の法則に基づいている。

即ち、ある物質の溶液の濃度を c 、液層の厚さを d とし、液層に入いる単色光の強さを I_0 、これからでる光の強さを I とするとき、溶媒と溶質との間に化学的または物理的变化が起らぬ場合には、次の関係が成立する。

$$I = I_0 \times 10^{-\kappa cd} \quad \kappa = \frac{1}{cd} \log \frac{I_0}{I}$$

ここに、 κ は波長とか溶媒の性質、あるいは溶質の種類によって定まった恒数である。

いま液層の厚さ d を一定にすると、

$$c = \kappa' \log \frac{I_0}{I}$$

となり、 c は $\log I_0/I$ に比例することになる。

I/I_0 は透過率 (Transmission) と称し、 $\log I_0/I$ 、即ち $-\log T$ は吸光度 (Absorbance) である。従って呈色液の吸光度に、その物質について一定である κ' を乗ずると濃度が得られることになる。しかし、実際の分析操作においては、 κ を直接求めることなく、あらかじめ吸光度 ($\log I_0/I$) と測定物質の濃度との関係を標準溶液について求めた検量線を作製しておき、試料液の吸光度を測定して、直ちに濃度を求めるのである。

以上述べたような、原理に基づく定量法によって各国が海水中の溶存酸素とかリン酸塩の分析を行なっているのであるから、原理的には大差のない方法を採用していることになる。しかし、前述の塩素定量法におけるような国際的統一性がないため定量操作とか分析器具などの点において、各国間に多少の差があり、そのいずれを最良法とすべきかと言う問題になると、にわかには判定し難い現状であった。ここで国際的な化学比較作業の必要性が認識され、各国の研究者が、同一試料について、同時に自国の方式で定量を行ない、その分析値を相互に比較検討することによって、各国間に一定の偏差でも見出し得れば、それを考慮に入れて、IIOE における化学分析を一つのベースに乗せることも可能である。また、その成果として国際的標準方式の確

立されることも期待出来ることから、SCOR の化学委員会主査の Dr. B. H. KETCHUM⁽⁹⁾ が中心となって実施案について検討し、UNESCO の財政的支援を得て、SCOR-UNESCO Chemical Intercalibration Tests が実施される運びとなった。

第一回国際化学比較作業

本作業は第十回太平洋学術会議終了後の1961年9月4日より9日まで、ハワイ大学化学実験室およびオーストラリア観測船 GASCOYNE 号を使用して行なわれた。その参加国はオーストラリア、インド、日本、パキスタン、米国、英国の六カ国であり、日本化学作業グループからは気象研究所の杉浦吉雄博士がこれに参加した。その作業の概要は次記のごとくである。

1. 溶存酸素定量法の比較：前述のごとく溶存酸素の定量法としては、各国とも WINKLER 法の原理を採用しているが、その操作の過程において、インド以外の各国は、ヨウ化カリウム、あるいはヨウ素酸カリウムなどを標準としているのに対し、インドは重クロム酸ナトリウム溶液を標準として使用していた。理論的にはそのいずれを用いてもよいのであるが、本比較作業の結果、インド方式は滴定終点が不鮮明なためか、他国の測定値との間にかなりの差異があり、同方式の適切でないことが明らかにされた。

2. 海水中の溶存酸素の定量：GASCOYNE 号が 20°15'12"N: 159°24'48"W (真珠湾沖) で採水した海水を直ちに水酸化マンガン溶液とヨウ化カリウム溶液などを加えて固定し、同日中にハワイ大学の実験室に持ち帰り、翌日滴定した結果の一部を示すと第1表のごとくである。

第1表 供試海水溶存酸素量の測定値の全平均

深 さ (m)	50	200	600
酸素量 (ml/l)	4.62 ₅ ±0.08 ₃	4.26 ₈ ±0.09 ₇	1.27 ₃ ±0.07 ₄

(9) B. H. KETCHUM: Preliminary report on SCOR chemical intercalibration session, Honolulu, Hawaii, Sept. 4-9, 1961,

通常溶存酸量は (ml/l) 単位で小数第三位を四捨五入し、第二位まで表示することになっているが、この結果から各国間の測定値を比較する場合には、小数第一位までとしても問題のあることが判明した。

3. 既知量の標準リン酸塩溶液を加えた海水の分析：0~3.0 $\mu\text{g-at/l}$ ^(註)の範囲内におさまる七種類の標準試料を作り、これについて各国が別個に分析を行なったが、同溶液の作成に、日本などは希釈液として海水を使用したのに対し、オーストラリアとインドは蒸留水を使用したためか、他の四カ国との間に明確な差を生じた。即ち、オーストラリア方式では測定値に塩誤差補正として1.2を乗すべきことが明らかになり、また目測かつ塩誤差補正を施さないインドの測定値には1.22~1.40の係数を使用すべきことが判明した。この両国を除いた四カ国の平均測定値は、 $0.21_4 \pm 0.05_3$; $1.34_2 \pm 0.06_7$; $1.68_1 \pm 0.02_8$; $2.14_6 \pm 0.06$; $2.66_9 \pm 0.08_3$; $3.08_1 \pm 0.12_3$ ($\mu\text{g-at/l}$)で、とくに高濃度の標準溶液区分に偏差の大きいことが明らかとなった。また、この比較作業で米国の Woods Hole Oceanographic Institute の Ford 型光電光度計は $2 \mu\text{g-at/l}$ 以上の濃度において、常に平均値以下の値を与えることが注目され、使用測定機械の性能検討も重要な課題となった。その後、米国は Ford 型の使用を中止し、Beckmann 型分光光度計に切換えた。

以上述べたような結果から、第一回国際化学比較作業の結論として、各国間の溶存酸素量及びリン酸塩量の測定値には予想以上の差異のあることと、その偏差は多くの場合、標準溶液の調製法、使用した試薬及び測定計器類の差異に起因することを確認した。この結論に基づき、各国において分析の精度を向上させるための定量操作、定量計器などに関する検討が IIOE の事務局を中心として進められるようになった。

第二回国際化学比較作業

(註) リン酸塩量の表示単位である $\mu\text{g-at/l}$ とは、海水 1 l 中の μg 原子数で、その元素が 1×10^{-6} 原子量あることを示す。リンの場合には、1 グラム原子量は 30.98 g であるから、 $1 \mu\text{g-at/l}$ は約 $31 \mu\text{g/l}$ あるいは 31 r/l に等しいことになる。

前述のごとく第一回国際比較作業はハワイ大学の化学実験室で行なわれたのであるが、本作業が IIOE を当面の目標として実施されていることから陸上作業の結果で満足すべき性格のものとはいえない。この点を考慮して、第二回目は分析作業の全過程を船上で実施することとなった。即ち 1962 年 8 月 1 日より 12 日にわたり、オーストラリア、日本、ソ連、米国の四カ国が参加し、ソ連観測船 VITYAZ 号を使用して $31^{\circ}20'S : 114^{\circ}20'E$, $31^{\circ}50'S : 114^{\circ}48'E$, および $31^{\circ}05'S : 112^{\circ}58'E$ (インド洋南東部のフリーマントル沖の海域) の点で溶存酸素と、リン酸塩の分析を主体とした化学比較作業が行なわれた。その作業概要は次記のごとくである。

1. 無機リン酸塩分析の精度 : 1962 年 8 月 3 日 VITYAZ 号付属のソ連製 200 l 採水器で前記海域の 1,000 m 層より採水した海水から、まずソ連、次いでオーストラリア、日本、米国の順に各々 20 試料をとり、同船上で各国が前述の原理に基づく方法で、自国の比色分析装置、即ち、ソ連は Photometer F. A. K. 560, オーストラリアは Photometer Spekker, 日本は Photometer Kodan (東京光電 K. K. 製), 米国は Beckmann D. U. Spectrophotometer を使用し、そのリン酸塩量を測定した結果は第 2 表のごとくである。

第 2 表 供試海水 (1,000 m 層) 無機リン酸塩量の測定値

参 加 国	P. $\mu\text{g-at/l}$
ソ 連	$2.00_9 \pm 0.01_2$
オーストラリア	$2.22_7 \pm 0.01_4$
日 本	$2.23_1 \pm 0.05_2$
米 国	$2.02_3 \pm 0.01_9$

この結果より、ソ連及び米国の測定値とオーストラリア及び日本の測定値との間には、各自の分析誤差を越える偏差のあることがあきらかとなり、また各国間の精度には 0.6~2.4% 程度の変異係数がみられ、その値はソ連が最も小さく、日本が最も大きい。さらに、高価な装置である Spectro-

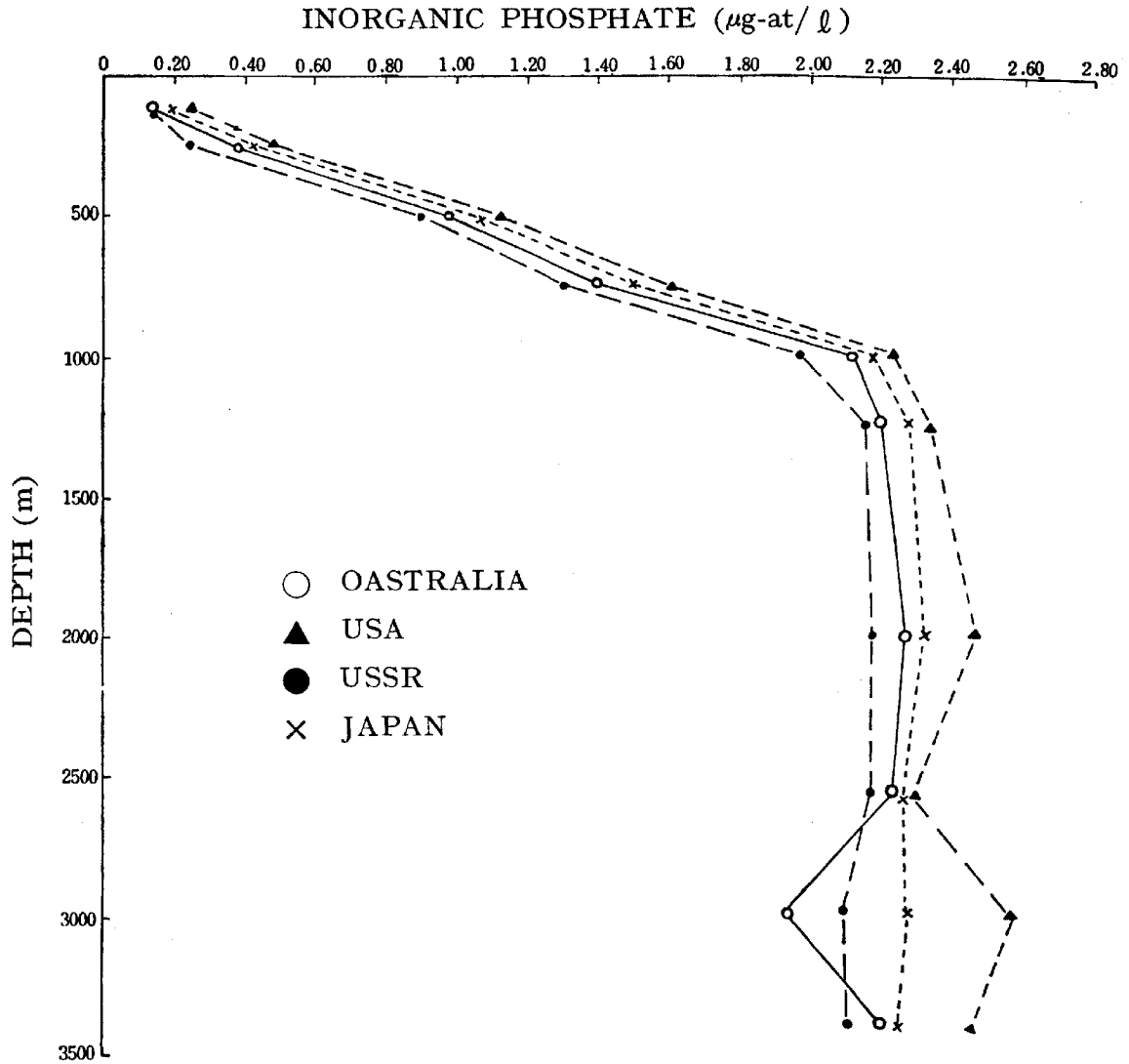
(註) photometer を使用した米国の係数は、より簡単な構造の Photometer を使用したソ連及びオーストラリアの係数より大きくなっている事実も注目に価する。このような各国間の分析精度における差異について検討が加えられ、その主因として、観測船研究室という、常に動揺している環境下では比色計器、とくに付属吸収セル機能の安定性に差異の生ずることが判明した。このことは本実験において最も高い精度を得たソ連が耐動揺性のある安定なセル方式（呈色液を経 20 cm の大型セルに充満する方式）を採用していることからもうなずける。即ち、セル内で呈色液が動揺する場合は光電流に脈動を生じ、それが精度を低下させる主因となることが明らかにされたのである。

2. 無機リン酸塩の鉛直分布を検討した場合の比較：1962年8月4日に、同じく VITYAZ 号において、前記海域の深さ 114 m から 3,378 m 間の所定層より採水した海水について、各国が同時にリン酸塩量を分析した結果は第 1 図のごとくである。

この結果より、各国とも 3,000 m 層付近 (2,970~2,972 m) の測定値を除くと、ほぼ同様の鉛直分布曲線を得ていることが理解され、また多くの測定深度においてソ連は他国より低い値を示し、米国は各深度とも測定値は高く、とくに 1,891~1,899 m 層、2,970~2,972 m 層及び 3,378 m 層における値は各国の平均値よりきわめて高い結果となっている。オーストラリアと米国の 2,970~2,972 m 層の測定値は明らかにエラーである。日本は各深度において中間的測定値を示しているが、ソ連及びオーストラリアより高い値を示す傾向のあることは前述の各国間における分析精度検討の際にもみられた傾向である。このような各国間の測定値にみられる偏差の一因として、本分析

(註) Spectrophotometer (分光光度計) は可視部のみならず紫外部の吸収スペクトルの測定が可能な装置で、主要部は光源部、モノクロメーター (単色光器) 部、吸収部、測光部の四部分に分けられ、米国の使用した Beckmann 型は測光原理として光電法が採用されている。試料の測定波長が 320 m μ 以上では特殊ガラス (Corex, Pyrex) 製、それ以下では融解石英製の吸収セルに試料液を入れて測定する。通常の Photometer は可視部測定用で、ガラス製のセルが付属している。セルは cuvette とも称する。

第 1 図 無機リン酸塩量の鉛直分布に関する各国の測定曲線



においては、塩素定量の場合のように国際的に統一提供される標準溶液がないということが考えられるので、次に各国のリン酸塩標準溶液を相互に交換して分析を行ない、表示値と測定値との比較検討を行なった。その結果、両値は濃度 $1 \mu\text{g-at}/\ell$ 以上の標準溶液では各国とも、よく一致したが、それ以下の濃度では測定値が表示値より多くなる傾向がみられた。この傾向は、ソ連がオーストラリアの標準溶液を測定したときと、逆にオーストラリアがソ連の標準溶液を測定した時の双方において共通にみられたことは興味深い現象である。前述のごとく同一海水についての分析値はソ連が低く、オースト

ラリアが高いのであるが、その偏差は両国の標準溶液の精度に由来するものでないことは明らかである。以上のような結果に基づき、本比較作業の結論として、各国は、リン酸塩定量法の精度を向上させるためさらに計器、標準溶液について検討を重ね、12カ月以内に同法に関する第三次国際比較作業の実施を計画したのであるが、今回の IIOE においては、第三次作業は実現しなかった。

日本はリン酸塩定量の際、測定者の計器読み取り誤差をなくするために自記平衡記録計付の Photometer (東京光電 K.K. 製) を使用したにも拘らず、分析精度 (第 2 表参照) が他の参加国より幾分劣ることから、その後も化学作業グループ内で Photometer, とくに吸収セルを主体とした検討が行なわれた。その結果、径 10cm のセルの代りに径 4 cm の蓋付セルに呈色液を充満させて測定すると、船上においてもセル内呈色液の動揺がほとんどないために光電流の脈動が消失し、記録計の記録は無機リン酸塩濃度に対し忠実になることが判明したので、IIOE には、このセル方式を使用することになった。

なお、無機リン酸塩以外の IIOE 分析要求成分である全リン^{(10),(11)}、硝酸塩⁽¹²⁾、⁽¹³⁾ 珪酸塩の定量にも比色分析が指定されていたが、これらの分析精度も前述のようなセル方式の採用により著しく向上した。

3. 溶存酸素分析の精度：1962年8月3日に VITYAZ 号付属のソ連製 200ℓ 採水器で前記海域の 1,000 m 層より採水した海水について、同船上で各国が WINKLER 法の原理に基づき分析をした結果は第 3 表のごとくである。

この結果より、溶存酸素量にみられる変異係数は 0.1~0.2% 程度で、無

(10) A. D. HANSEN and J. R. ROBINSON: J. Mar. Res., 12, 31-42 (1953).

(11) B. H. KETCHUM, N. CORWIN and D. J. KEEN: Deep-Sea Res., 2, 142-181 (1955).

(12) J. B. MULLIN and H. P. RILEY: Analytica Chimica Acta, 12, 449-467 (1953).

(13) H. BARNES: "Apparatus and Methods of Oceanography" I, Chemical, 163-166 (1955).

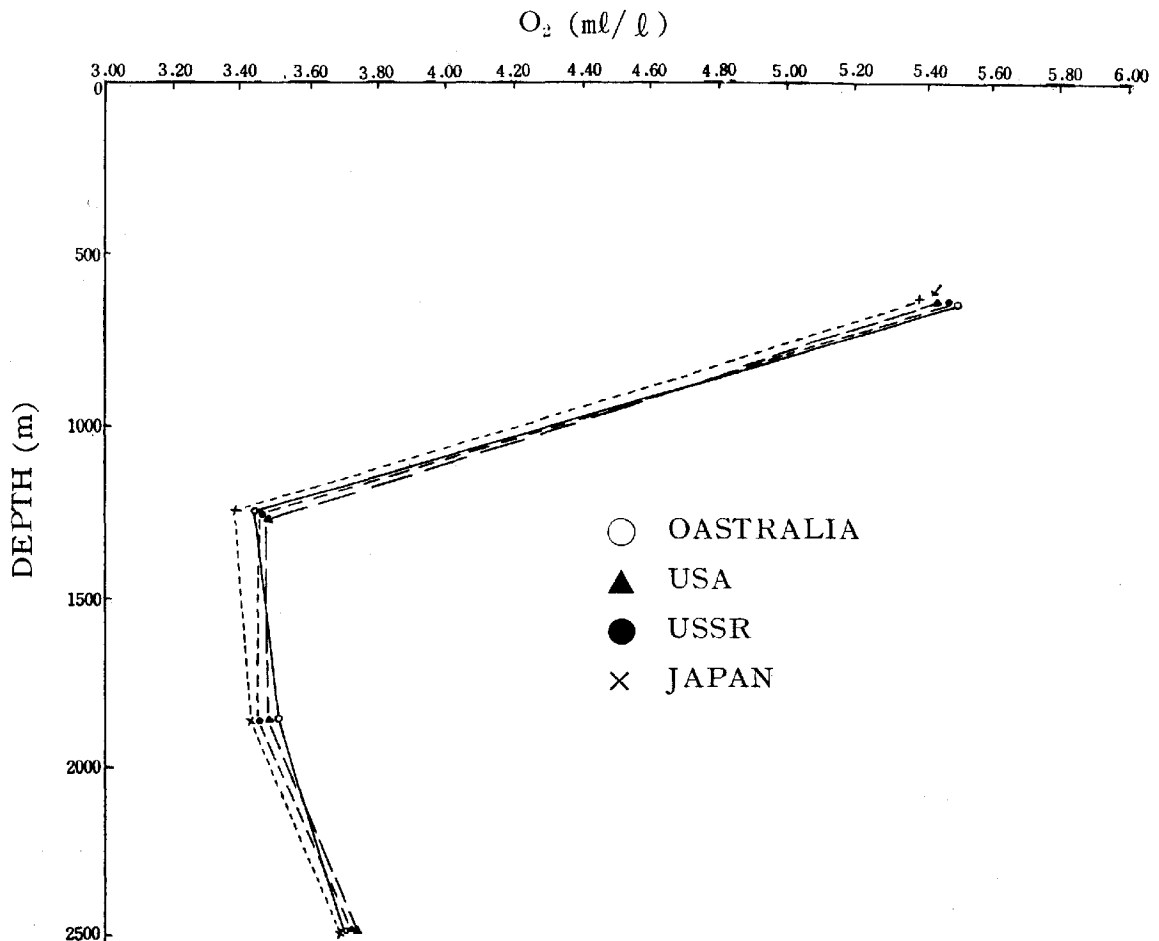
第 3 表 供試海水 (1,000 m 層) 溶存酸素量の測定値

参 加 国 名	酸素量 (ml/l)
ソ 連	3.61 ₉ ±0.01 ₄
オーストラリア	3.67 ₀ ±0.01 ₀
日 本	3.59 ₇ ±0.03 ₂
米 国	3.63 ₄ ±0.03 ₅

機リン酸塩量の場合より小さく、また測定値は日本が低く、オーストラリアが高い値を示すことが判明した。

4. 溶存酸素の鉛直分布を検討した場合の比較：1962年8月5日に、同じく VITYAZ 号において、前記海域の深さ 634 m から 2,499 m 間の所定層より NANSEN 採水器で採水した海水について溶存酸素量を各国が同時に分析し

第 2 図 溶存酸素量の鉛直分布に関する各国の測定曲線



た結果は第 2 図のごとくである。

この結果より、日本の各深度における測定値は各国より低い値を示し、これが酸素量偏差 (0.06~0.08 ml/l) の主因をなしていることが明らかとなった。そこで各国の WINKLER 法による酸素の定量操作について検討が行なわれた。

5. WINKLER 法の比較検討：WINKLER 法の定量操作を a, 採水器より酸素ビンへの試水採取過程 b, 試薬添加過程 (マンガン塩, ヨウ素化合物, 水酸化ナトリウム及び塩酸の添加) c, チオ硫酸ソーダによる滴定過程, の三過程に分けて、各国のそれぞれの過程を組合わせ、それが最終結果に及ぼす影響をみるための実験を行なった。

a, の過程では試水採集の際に空中酸素の試水への溶存による測定誤差も考えられるのであるが、この過程の操作の相違に由来する各国間の分析値の差は、ほとんど認められなかった。

b, の過程ではオーストラリアのピストンピペットを用いる方式が最も変動が少なく、日本の駒込ピペットなどを用いる方式は最も変動が大きかった。

c, の過程では各国間に有意の差は認められなかったが、ソ連が最も少ない変動を示した。

以上のような結果に基づき、本比較作業の結論として、各国は溶存酸素定量法の精度を ± 0.02 ml/l 以内にするよう、さらに検討することが要望された。

日本の本比較作業における分析精度 (第 3 表参照) は要望値より幾分高いことから、その後も化学作業グループ内で検討された結果、試薬添加及び滴定過程をある程度自動化したピストンビュレットとかピストンピペットを使用することにより、その精度を $\pm 0.01 \sim 0.02$ ml/l の範囲にし得ることが判明したゆえ、HIOE には、これらを使用することになった。

6. 溶存酸素量を測定する立場からの深海用採水器材質の吟味：海洋観測には、各国とも通常、金属製の NANSEN 採水器を用いているが、金属は酸

素と化学結合をおこして金属酸化物を形成し易いものである。従って、金属製採水器で採取した海水では溶存酸素の一部が材質の成分金属の酸化に消費されるため、測定値は実存量より低い値を示す可能性がある。そこで本比較作業においては、材質と溶存酸素量との関係についても検討が加えられた。

供試採水器として、a, ソ連の VITYAZ 号が使用している総金属製採水器。b, オーストラリアの DIAMANTINA 号が 1959 年から使用している総金属製採水器。c, 米国の Woods Hole 海洋研究所が使用している teflon (プラスチックの一種) を金属面に塗布した採水器。d, 英国の海洋研究所が使用している総プラスチック製採水器を用い、これらで 1962 年 8 月 6 日に前記海域の 3,275 m, 3,774 m, 4,300 m の三層より採水した試料について酸素量を測定した結果は第 4 表のごとくである。

第 4 表 各種採水器* によって得た海水中の溶存酸素量

深 度 (m)	酸 素 量 (ml/l)			
	ソ 連 (a)*	オースト ラ リ ア (b)*	米 国 (c)*	英 国 (d)*
3,275	4.10	4.24	4.28	—
3 774	4.16	4.39	4.43	4.46
4,300	4.15	4.49	4.49	4.52

* 各々材質的条件に差のある採水器

この結果より、米国とオーストラリアの採水器を使用したときの測定値は類似しているが、ソ連の採水器を使用したときの値は非常に低く、また英国の総プラスチック製採水器を使用した場合は、米国及びオーストラリアの値と比較的類似することが明らかとなった。即ち、金属面へのプラスチック塗布採水器や総プラスチック製採水器を使用した時の酸素量に比べると新しい金属面をもつ採水器を使用した場合の酸素量は少なく、その差は深度とともに増加し、4,300 m 層では約 10% という予想以上に低い値を示した。この現象は、深度増に伴う水圧増加 (10 m ごとに 1 気圧増加) 及び採水所要時間の増加が金属露出面における酸化作用を進めるために起ると考えられる。ま

た、金属製採水器でもオーストラリアの使用した採水器のように古いものでは、既に金属面の酸化が充分進んでいるためかプラスチック系の値に比較的近くなっている。

以上のごとき結果から、金属製 NANSEN 採水器の材質に関する冶金学的検討の必要性和 IIOE における深海用採水器としてはプラスチック系のものを主体とすることが要望された。

また、日本の化学作業グループでは、海水中における痕跡金属元素の追求をも独自の研究課題としていたため、採水器の材質についてはとくに吟味を重ね、その結果 IIOE には 2 l 容量の内面 teflon 被覆採水器と 10 l および 25 l 容量のポリエチレン製採水器を使用することになった。

7. 精密温度計の精度：温度計は水温測定以外に観測層の理論的更正^(註)深度を算出する基礎計器となることから高い精度が要求される。そこで VITYAZ 号における化学比較作業の最終過程で各国製温度計の精度についても検討が行なわれた。

供試顛倒温度計（註参照）として、a) ソ連製（製作所不明） b) 日本製

(註) 観測層の深度は、古くから測深鋼の長さによって求められている。浅層では鋼 (wire) が潮流などによって傾いても、鋼が垂直線となす角度を測って深度を近似値的に求められる。しかし、深層では鋼の傾度も一様でないために、この方法は使用出来ない。通常 100m 以深では採水器に装備してある顛倒温度計（所定観測層で採水器とともに顛倒させ、その層における示度 T_0 を船上に引き上げた後までも保持させるように工夫してある温度計）と被圧顛倒温度計（水圧が直接顛倒温度計の球部に作用するようにした構造の温度計であるため、その示度 T_p は水温の他に球部の圧縮によって毛細管中に送り出された水銀系による余分の示度との和である、この余分の示度は水圧に比例する）の示度の差には、水圧を p 、圧力係数を κ とすれば、 $T_p - T_0 = \kappa p$ の関係が成立する。しかるに p は海水の平均現場密度を ρ 、重力の加速度を g 、観測層の深さを D とすると $p = g\rho D$ であるから、両式の関係より

$$D = \frac{T_p - T_0}{\kappa g \rho}$$

式が得られる、 κ を $^{\circ}\text{C} / \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$ の単位、また D を m 単位で表わせば

$$D = 10 \frac{T_p - T_0}{\kappa \rho}$$

この式より求めた深度を一般に更正深度と称している。

(渡辺製作所, 東京) c) 米国製 (Kahlsico EI Cajun, California) の顛倒温度計をつけた NANSEN 採水器を 3,500 m, 4,000 m 及び 4,500 m の測深鋼深度 (前頁註参照) に沈下させて測温した結果は第 5 表のごとくである。

第 5 表 各国製顛倒温度計の示度の比較

測 深 鋼 深 度 (m)	温 度 (°C)		
	ソ 連 製	日 本 製	米 国 製
3,500	1.50	1.52	1.52
4,000	1.29	1.30	1.31
4,500	1.20	1.18	—

この結果によれば, 各国の測温は各層とも $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ の間で一致している。しかし, この示度と被圧顛倒温度計の示度から, 各国が算出した更生深度には, 若干の差がみられた。

即ち, 3,500 m (測深鋼深度) 層については, ソ連 3,297 m, オーストラリア (日本製温度計使用), 3,267 m, 米国 3,271 m で, ソ連は他国より 28~30 m 深く, このような傾向は他の観測層においても認められたことから, この問題についてはソ連が他国の温度計を併用し, さらに検討することになった。

以上, IIOE における国際化学比較作業の内容と結果の概要を述べたが, 各国の参加者はより精度の高い結果を得るには, 分析化学の進歩と分析方法の標準化が必要なことを痛感したのである。また, 現状で, より客観性のある結果を得るには, 同一試料についての分析回数を多くし, データの統計的処理も有効手段と思われるが, 実施面を考えると, 分析対象成分の不安定性, 分析所要時間, あるいは分析者数などの制約がある。従って, IIOE の実施に当っては, 分析法の検討とともに参加研究者には分析技術に関する高度の熟練が要望されたのは当然のことである。

国際化学比較作業の終了後, その結果と対策案が SCOR, IIOE 事務局及

び IIOE 参加 16 カ国に通達され、これを参照とし、さらに各国において分析法の可及的規格化が進められた。一方化学部門以外の各作業グループにおいても、勿論 IIOE の要求課題に対する研究法の統一化作業は進められたのであるが、これらの成果は、単に IIOE の実施面のみならず、今後の自然科学の研究活動にも直接または間接的に貢献するものと思われる。

かくして、1962 年末から未知、未開発のインド洋を対象とする国際的調査が本格的に実施され、研究結果は既に各国の data center (日本は気象庁内に設置) より World Oceanographic Data Center (WODC, Washington) に報告されている。^(註) その研究データは自然科学の各分野にわたる広範にして膨大なものであるから、現在もなお WODC を中心として整理検討が続けられており、各国の関係者は、その総合的成果に大きな期待をよせている現状である。

IIOE に参加して

以上自然科学の分野においても、例の少ない広範な研究内容と国際的規模のもとに実施された IIOE の性格と、その実施の過程における国際化学比較作業の概要を述べたのであるが、次に化学作業グループの一員として、これに参加することによって得た筆者の実感の一端を記して本文の結びとする。

その一つは IIOE の計画及び実施の過程において、とくに日本の関係官庁、大学、研究機関及び学術会議の内部または相互間に根強いセクト主義がみられ、それに由来する総合的機構及び機能の不合理性が各作業の大きな障害になったという事実である。これがためアジアの先進国を自負する日本がアジアにある大洋を対象とする国際的研究体制の組織化と、その実施面において各国の期待にも拘らず終始受動的態度を保持せざるを得なかったのであ

(註) 日本の一般報告書: "General Report of the Participation of Japan in the International Indian Ocean Expedition," February Published by Science Council of Japan.

る。この点を関係者は反省し、今後ますます多くなることが予測される各種の国際的学術研究に対処する合理的国内体制の確立を早急に実現すべきである。

次にインド洋及びその周辺諸国を調査見聞して感じたことは、地球上には、ある意味において月の表面よりも科学的に未知な地域が多く、しかも、そこには多数の住民が恵まれない生活を送っている処が多いという事実である。この身近かな地球上の事実を等閑視して、人類の科学的関心が地球以外の天体を対象とする宇宙開発などに偏って注がれているとすれば、ここに反省の余地があろう。勿論近代科学は人類の能力増大を目指して進歩することを否定するものではないが、その使命が全人類の平和と福祉の増進にあるとすれば、当然のことながら近代科学の能力を、前述のごとき地域社会の問題解決にも積極的に活用すべきである。また、国際比較作業において自然現象に関する真実追求と言う目的のために、各国の研究者が国籍とかイデオロギーをぬきにして相互に協力し、協議して大きな成果を得たのであるが、かような国際学術協力体制の動向を人類の叡知によって強化すれば、近代科学が今日直面している問題、即ち全人類の滅亡をもたらすような核兵器の開発、強化などと言う軍事目的にも動員されている側面から脱脚し得る可能性も期待出来るのである。

(1967. 6. 20)

