

貧酸素水塊が底棲生物に及ぼす影響評価 手法と底層DO目標の達成度評価手法 の開発

独立行政法人国立環境研究所
 埼玉県環境科学国際センター
 愛知県水産試験場
 大学共同利用機関法人統計数理研究所
 大阪市立大学
 横浜薬科大学
 放送大学

平成22～24年度環境研究総合推進費

B-1003 貧酸素水塊が底棲生物に及ぼす影響評価手法と底層DO目標の達成度評価手法の開発に関する研究



目指すべきは多様で
豊かな生物相の回復

初期生活史が保全さ
れる水環境の実現

的確な底層DO目標
値と評価法の開発。

- ・初期生活史DO耐性試験法の確立
- ・底層DO目標値の導出
- ・底層DO目標の達成度評価手法の検討

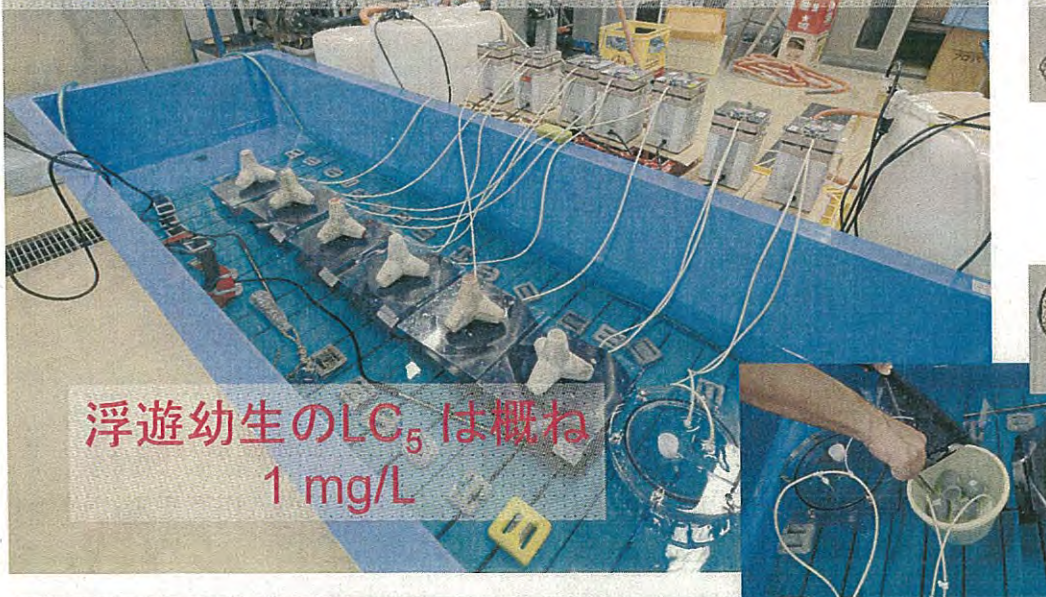
← 本研究の成果

アサリに対するDO環境基準値

～「閉鎖性海域中長期ビジョン」（2010年3月）
を踏まえた導出に向けての考え方～

- 生息域の確保のための底層DO目標 ← 生活史初期個体（浮遊幼生）の「LC₅」を実験で導出（流水系、「死」の定義）
- 再生産の場の確保のための底層DO目標
← 生活史初期個体（浮遊幼生）への影響を実験、現場観測とモデルシミュレーションで評価
- 無生物域の解消のための底層DO目標
- キーワードは「初期生活史」と「LC₅」

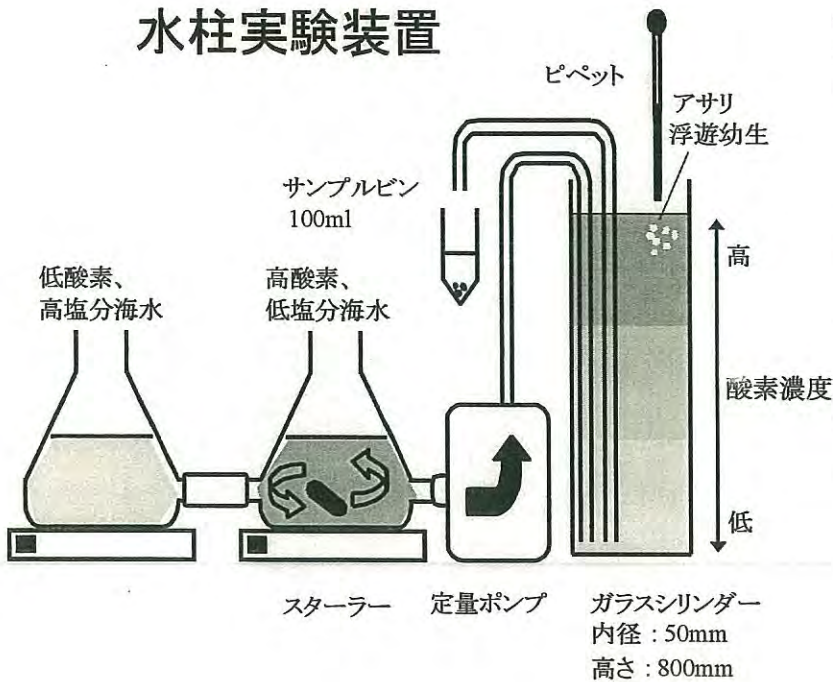
成果①：初期生活史DO耐性試験法の確立 ～貧酸素流水式実験装置とプロトコル～



LC ₅₀ (mg/L)	水温	24h	48h	72h	96h	120h
D型	25℃	< 0.15	0.4	0.5	0.9	
アンボ期	25℃	< 0.06	0.1	0.15	0.5	
フルグロウン期	25℃	< 0.08	< 0.08	0.2	0.4	0.5
着底稚貝	25℃	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

成果②：アサリ浮遊幼生の貧酸素水応答試験

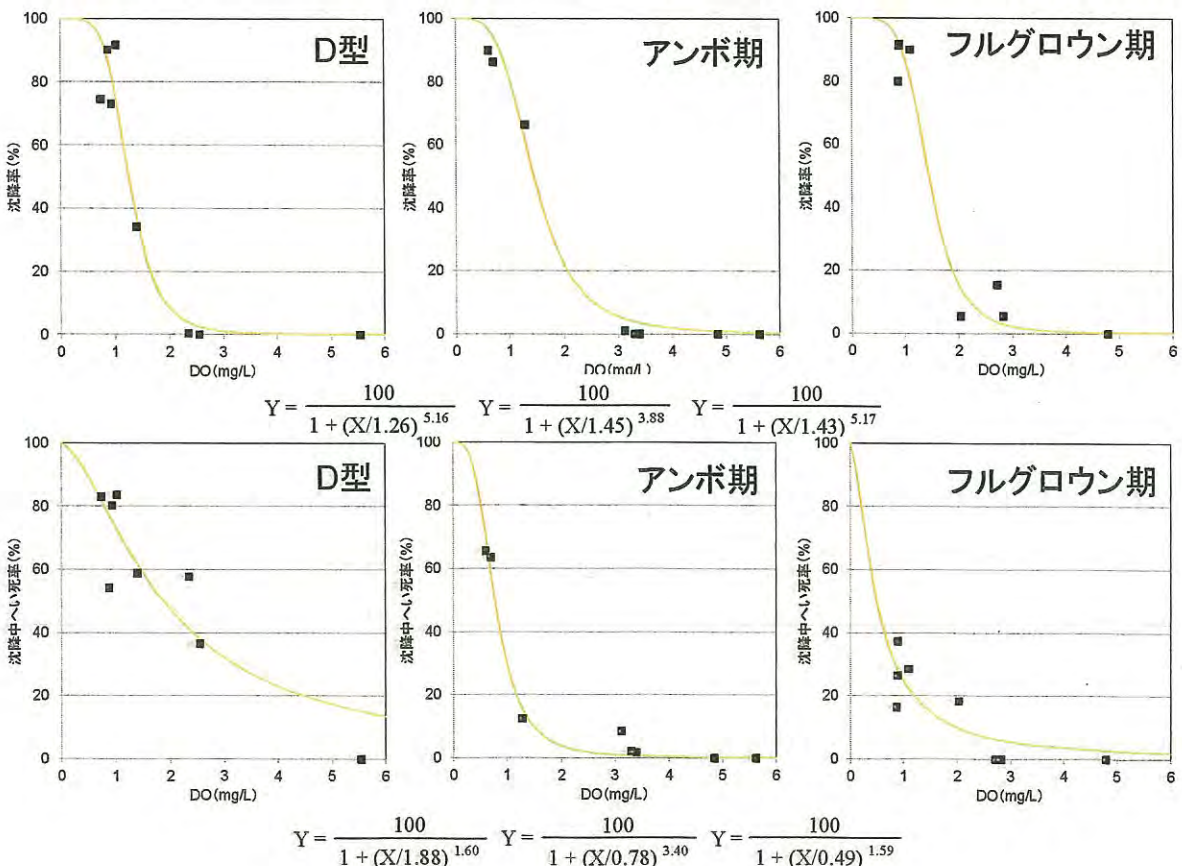
水柱実験装置



方法

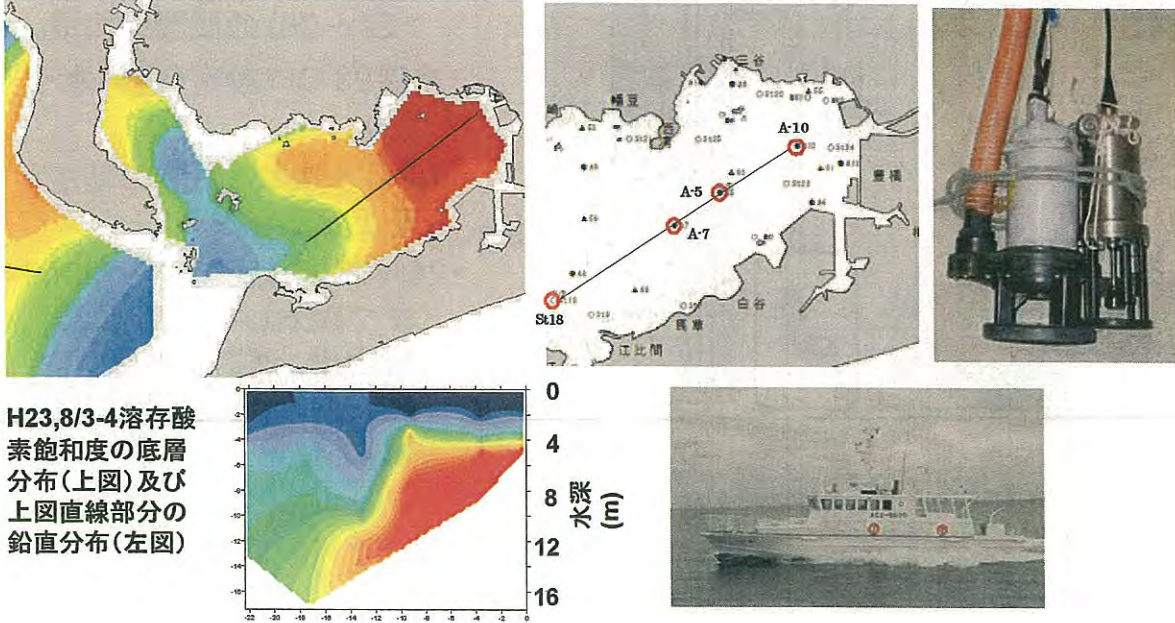
- ・水柱実験装置を用い、溶存酸素(0~5mg/L)、塩分(20~28)の成層を作成
- ・水温23°Cに設定(飼育水温)
- ・1,977~4,333個体の幼生を上部から投入
- ・24時間後に底層から100mlずつ採水して、塩分、酸素濃度、浮遊幼生数、沈降幼生数(生死別に計数)を測定

成果②：底層DOに対する沈降率と沈降中の斃死率

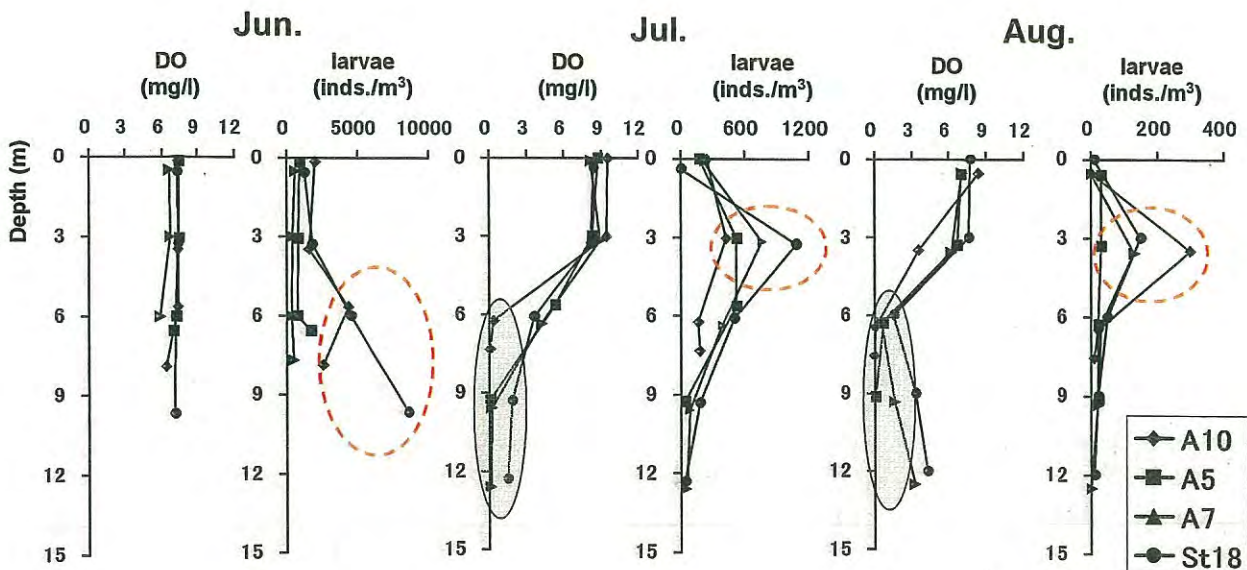


成果③：フィールド観測

- ・渥美湾の各定点で各層から200リットルをポンプで採水し50 μ mネットで濾過
- ・H22年度は6～10月、月1回、4地点 (A10, A5, A7, St.18)、3m間隔
- ・H23年度は5～11月、月2回、3地点 (A10, A5, St.18)、3m間隔
- ・H24年度は5～11月、月2回、1地点 (A5)、2m間隔
- ・H22-23/6月にA5、H23/9月にA10、H24/6,7月にA5で4時間毎に採水し通日観測



成果③：アサリ浮遊幼生の海域鉛直分布



H22年度調査の各月の調査地点毎のDO及びアサリ浮遊幼生鉛直分布網掛け(水色)はDO2mg/L以下を示す(以下同様)

成果④：数値モデルによるアサリ浮遊幼生への貧酸素影響評価

- 三河湾における流動・生態系シミュレーション(2006年度)

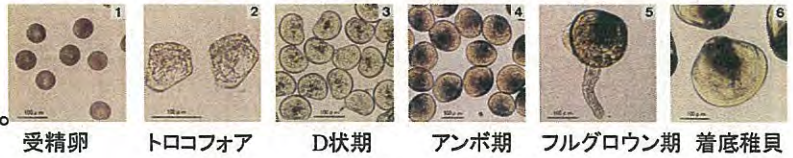
- 流動シミュレーション(流れ場、水温・塩分の再現)
- 生態系シミュレーション(DOの再現)

- 浮遊幼生漂流モデルの基本設計

- アサリ浮遊幼生に見立てたラグランジェ粒子の受動的な輸送。
- 漂流水深や逃避行動などの自立的な移動を水平・鉛直移動速度によりモデル化

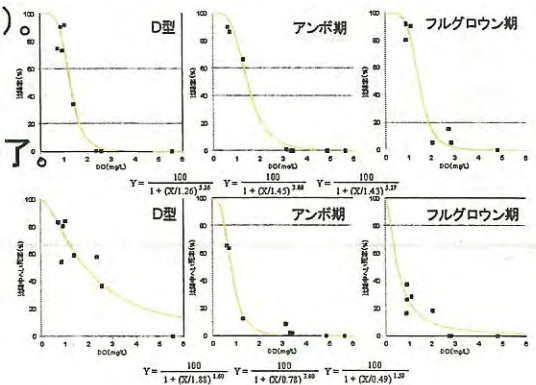
- 成長モデル

- 環境水温による成長速度。
- 成長段階(ステージ)の把握。



- 成長段階

- 孵化(100 μm) : 表層浮上(水深1mに初期配置)
- D状期(~130 μm)
- アンボ期(130~180 μm)
- フルグロウン期(~230 μm) : 230 μmで漂流終了。



- 漂流水深

- 基本的に流動に対して受動的な漂流。

- 貧酸素影響

- シリンダー試験よりDOに対する応答を近似。
- 貧酸素に遭遇した幼生は沈降し、死亡。
- 上層への鉛直移動(忌避)も加味。

成果④：数値モデルによる貧酸素影響評価

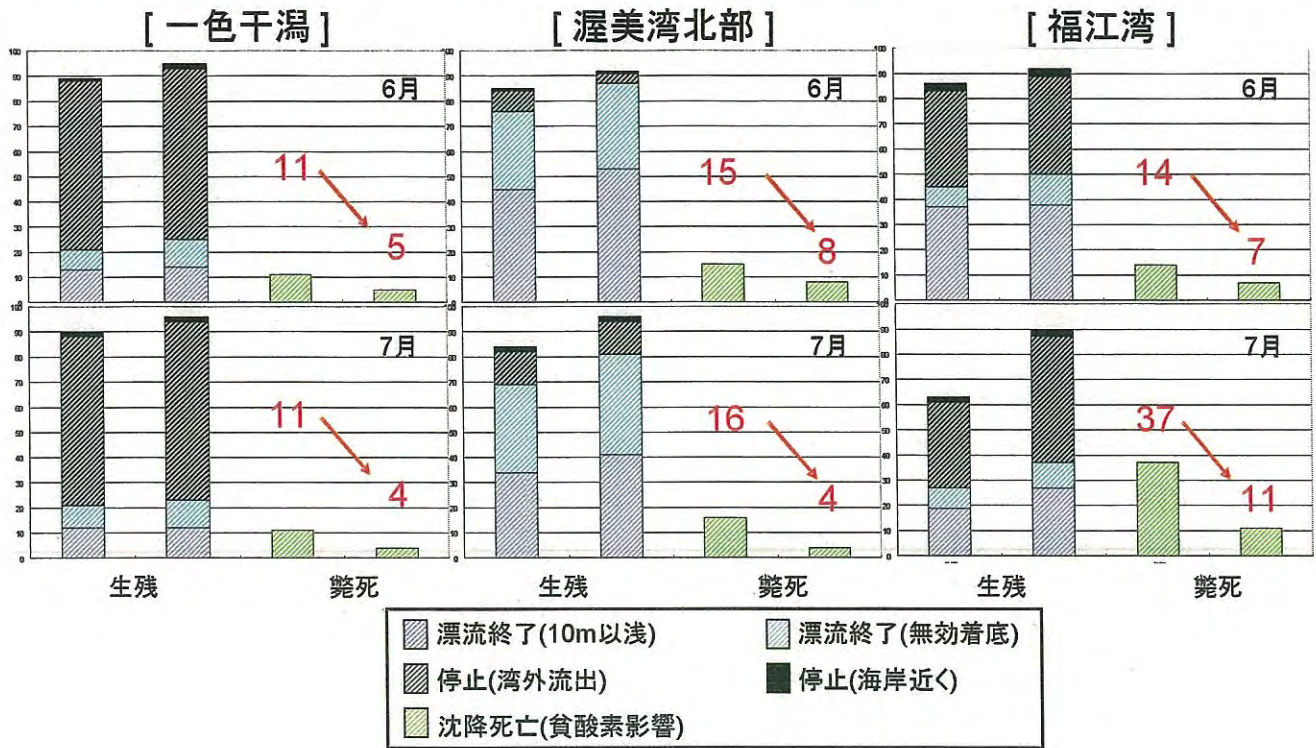
- 一色干潟周辺海域(2006年7月)



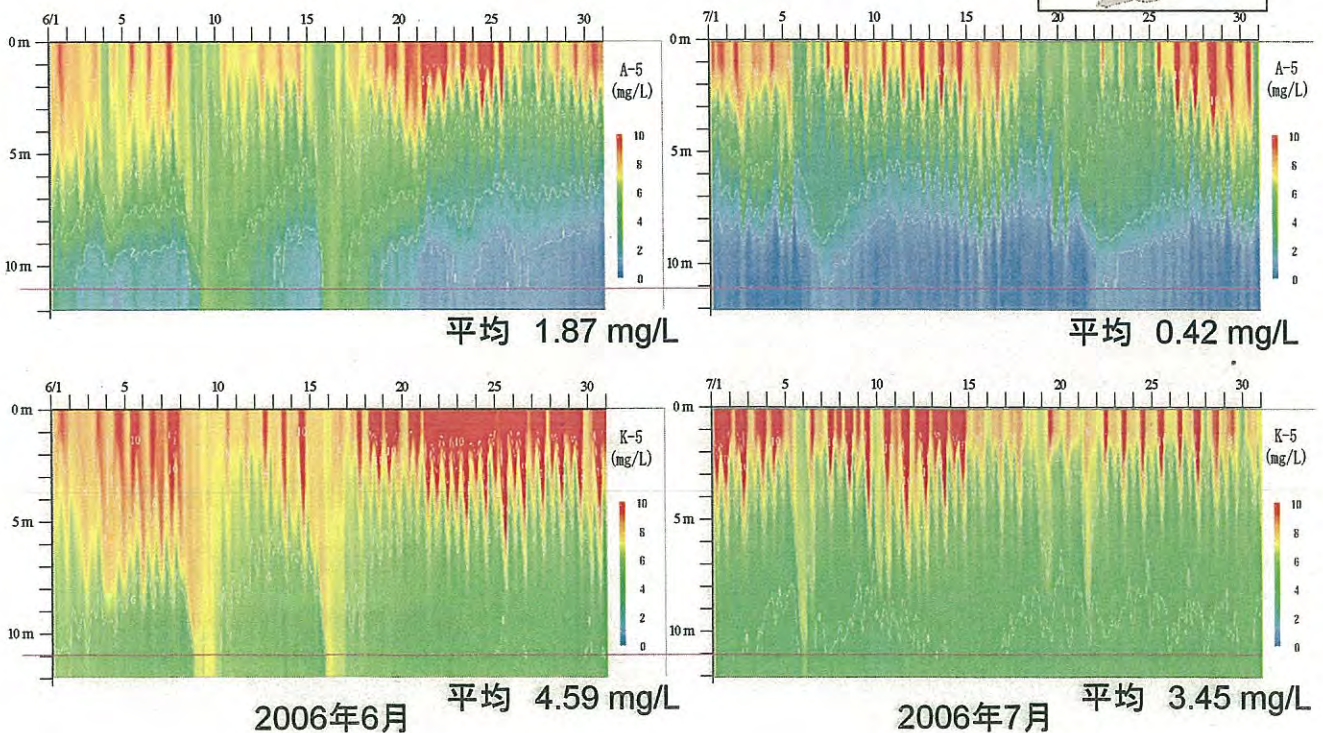
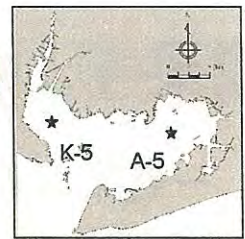
- 漂流
- 漂流終了(230 μm)
- 停止(流出など)
- 貧酸素影響(上層移動)
- 貧酸素影響(沈降死亡)

成果④：数値モデルによる貧酸素影響評価

・ DO + 1mg/L の場合の斃死率の変化



成果④：A5とK5におけるDO変動 (シミュレーション結果)



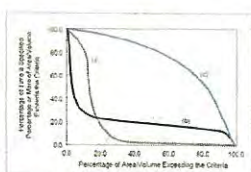
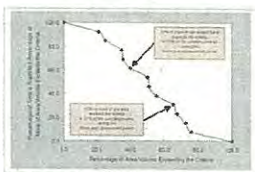
成果⑤：アサリ底層DO環境基準値（案）の導出

- 生息域の確保のための底層DO目標: 2 mg/L
- 再生産の場の確保のための底層DO目標: 3 mg/L

成果⑥：底層DO目標値の達成度評価法 CFD法の応用／改良

Figure VI-1. To develop a CFD for an estuarine, estimates of target extent of criteria exceeded for all of the sampling events conducted over a three year assessment period (see Figure VI-4) are compiled (a). In preparation for comparing the CFD for attainment of critical extent or exceedance are plotted in ascending order (a) and ranked.

Month	Percent Area	Rank
March 1994	72	1
April 1994	35	2
May 1994	45	3
June 1994	75	4
March 1995	49	5
April 1995	14	6
May 1995	67	7
June 1995	25	8
March 2000	20	9
April 2000	29	10
May 2000	35	11
June 2000	80	12



US EPAのガイドラインで定義されたCFD法:
ある溶存酸素量基準に対して、左の様な曲線が得られる。

Figure VI-2. To develop a CFD estimates of spatial extent of criteria exceedance for all of the sampling events conducted over a three year assessment period (see Figure VI-4) are compiled, plotted in ascending order and ranked (a). Cumulative probability is calculated using the formula: $\text{rank} / (n+1)$.

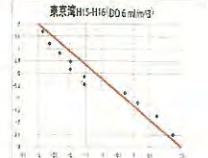
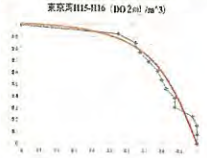
Month	Percent Area	Rank	Percent Area	Rank	Cumulative Probability (Rank/(n+1))	
June 1994	72	1	June 1994	72	1	0.083
April 1994	35	2	April 1994	35	2	0.167
May 1994	45	3	May 1994	45	3	0.250
June 1994	75	4	June 1994	75	4	0.333
March 1995	49	5	March 1995	49	5	0.417
April 1995	14	6	April 1995	14	6	0.500
May 1995	67	7	May 1995	67	7	0.583
June 1995	25	8	June 1995	25	8	0.667
March 2000	20	9	March 2000	20	9	0.750
April 2000	29	10	April 2000	29	10	0.833
May 2000	35	11	May 2000	35	11	0.917
June 2000	80	12	June 2000	80	12	1.000

(0,1)上の値を持つ割合に対する曲線間の比較を行うことは困難



- 横軸と縦軸の値に対して(0,1)空間から(-∞,∞)空間に開放する変換としてのロジット変換を適用し曲線の直線化を行い、これによって直線間の比較が可能となる。
- 結果として直線の傾きや切片の推定値を用いて達成度評価を行うことが可能となる。

直線化した後の一般的な表現は、 $p \log \frac{x}{1-x} + q \log \frac{y}{1-y} = \log \beta$, $0 < \beta < \infty$ であり、特に $p = \alpha$, $q = 1$ とすると、CFDに対応した表現をすれば $y = \left(\frac{x}{1-x} \right)^\alpha + \beta$ である。



成果⑦：底層DOバッチ観測時の達成度誤判定に関する統計学的考察

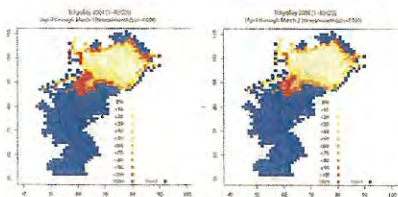


図1：月1回(左)と月2回(右)での誤判定率への影響
(東京湾：2004年4月～2005年3月)

表1：離散測定回数と誤判定率の算術平均値
(東京湾内湾の平均)

DO[mg/L]	12[回/Yr.]	24[回/Yr.]
2	0.128	0.096
3	0.091	0.070

測定回数を2倍にしても誤判定率の平均の意味からは適切な効果を得られない。

表2：確率分布を想定した場合の測定回数と基準満足日数割合 $r(\alpha)$ の関係

年間の離散測定回数	5%以下の誤判定率となる $r(\alpha)$ の上限値
12	0.783
24	0.887
36	0.926
48	0.945

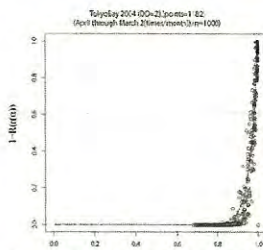


図2：実データと確率分布を想定した $r(\alpha)$ と誤判定率の関係

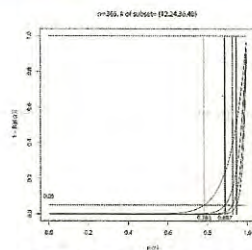


図3：測定回数と確率分布を想定した場合の $r(\alpha)$ と誤判定率の関係

- ある地点での年間基準満足日数割合 $r(\alpha)$ が既知(過去のデータから)である場合、誤判定率を5%以下に押さえるその地点のサンプリング回数を上記の表を用いて定めることができる。
- 誤判定率の基準を変えて(より厳しく等)、新たな表の作成も可能である。

底層DO目標値の達成度評価手法の確立

- 予算が無限に許されるならば、対象となる海域のすべての地点において、連続測定を行うならば、精緻な評価を行うことが可能である。しかし、この様な理想的な観測状況は不可能である。現状の観測状況(例えば、公共用水域調査)では、1)測定地点は固定され、2)年間の測定回数も固定されている。現状の観測体制において、底層DO目標値の達成度評価を行う場合の2)年間の測定回数の影響(年間12回と24回)を誤判定の観点から検討した。
- US EPA (2003) *Ambient Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen, Water Clarity and Chlorophyll a for the Chesapeake Bay and Its Tidal Tributaries* によって提案されたCFD法を検討し利用に関する課題を指摘し、その改良法を提示した。