

環境科学研究のこれまでとこれから  
----- 自然科学と環境行政の視点から -----

---

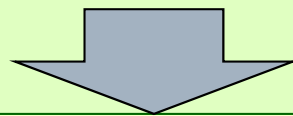
放送大学

岡田 光正

# 我が国の環境科学研究の資金

## 文部省科学研究費補助金

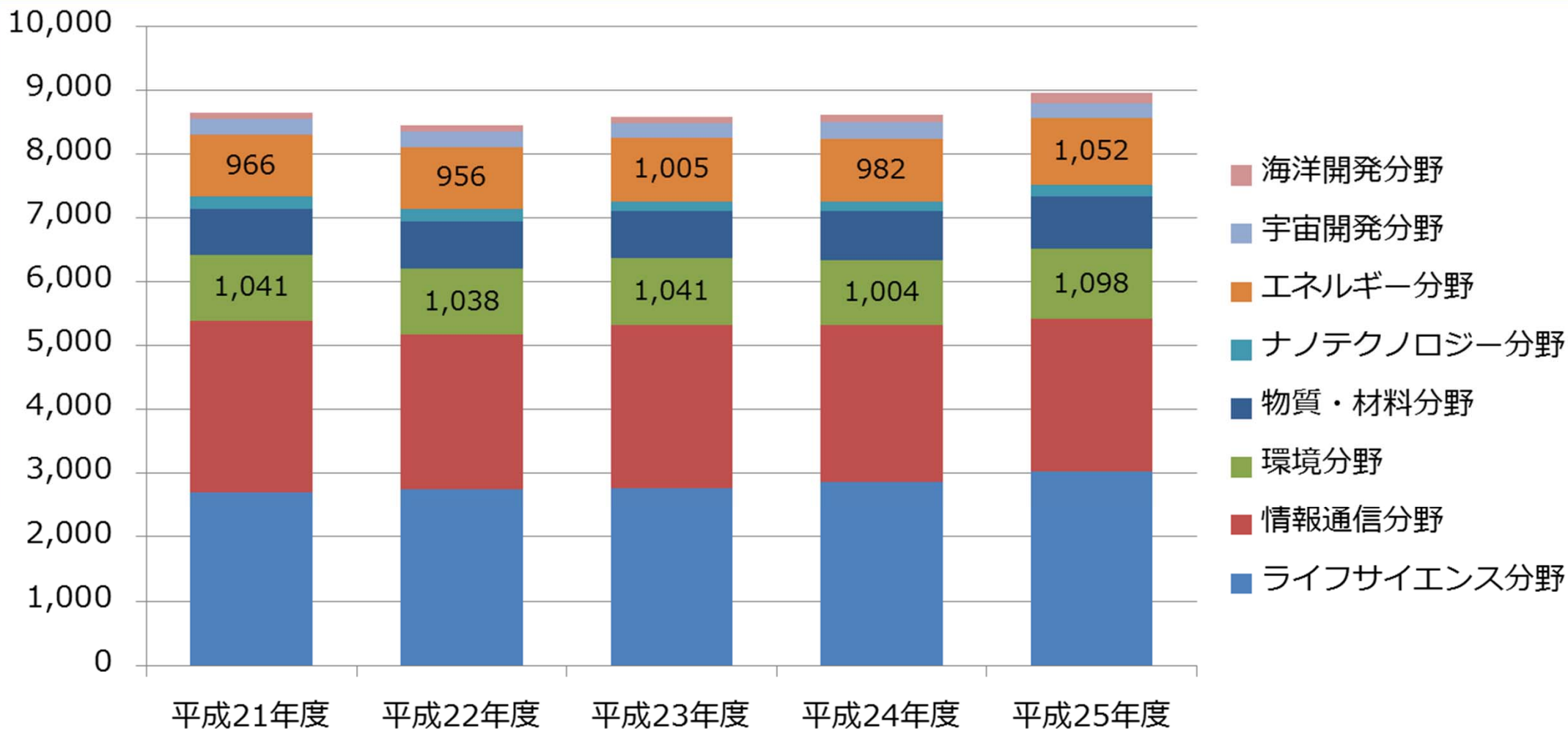
- 環境科学特別研究（1977-1987）
  - 特別研究：自然災害、エネルギー、環境科学
  - 問題対応型研究（公害問題解決）と自然環境現象の基礎的研究の連携
  - 人文・社会科学と自然科学の融合
  - 環境動態、人体影響、環境理念、環境対策技術、環境情報（800名以上）
- 重点領域研究（1987-1996）
  - 人間-環境系の変化と制御（1987-1993）： 1/3以下
  - 人間地球系（1993-1996）
  - 人間??系 xxxxxxxxxxxxxxxx



文部科学省、環境省、経済産業省、国土交通省等の研究費

# 環境・エネルギー分野における研究開発投資額

環境分野、エネルギー分野それぞれで官民合わせて1兆円程度で推移



# 科学研究費助成事業審査区分表 (大区分K)

## 大区分K

### 中区分63：環境解析評価およびその関連分野

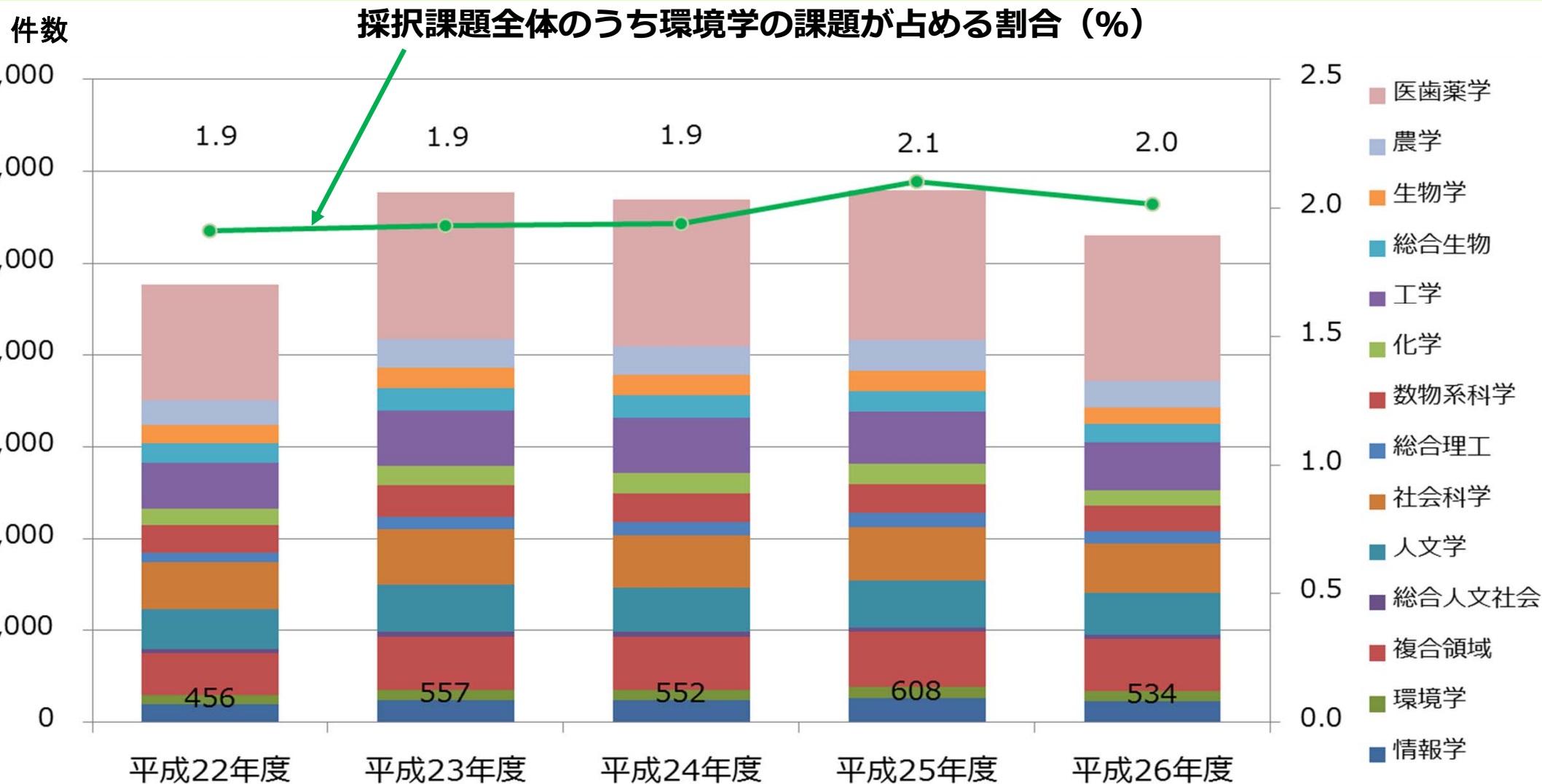
小区分	
63010	環境動態解析関連
63020	放射線影響関連
63030	化学物質影響関連
63040	環境影響評価関連

### 中区分64：環境保全対策およびその関連分野

小区分	
64010	環境負荷およびリスク評価管理関連
64020	環境負荷低減技術および保全修復技術関連
64030	環境材料およびリサイクル技術関連
64040	自然共生システム関連
64050	循環型社会システム関連
64060	環境政策および環境配慮型社会関連

- 小区分
  - 基盤研究(B,C)
  - 若手研究
- 中区分
  - 基盤研究(A)
  - 挑戦的研究 (開拓・萌芽)
- 大区分
  - 基盤研究(S)

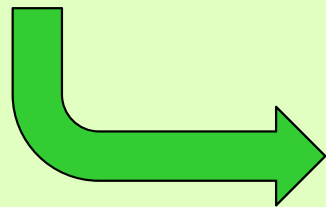
# 科学研究費補助金での環境学分野の新規採択状況



# 環境科学

---

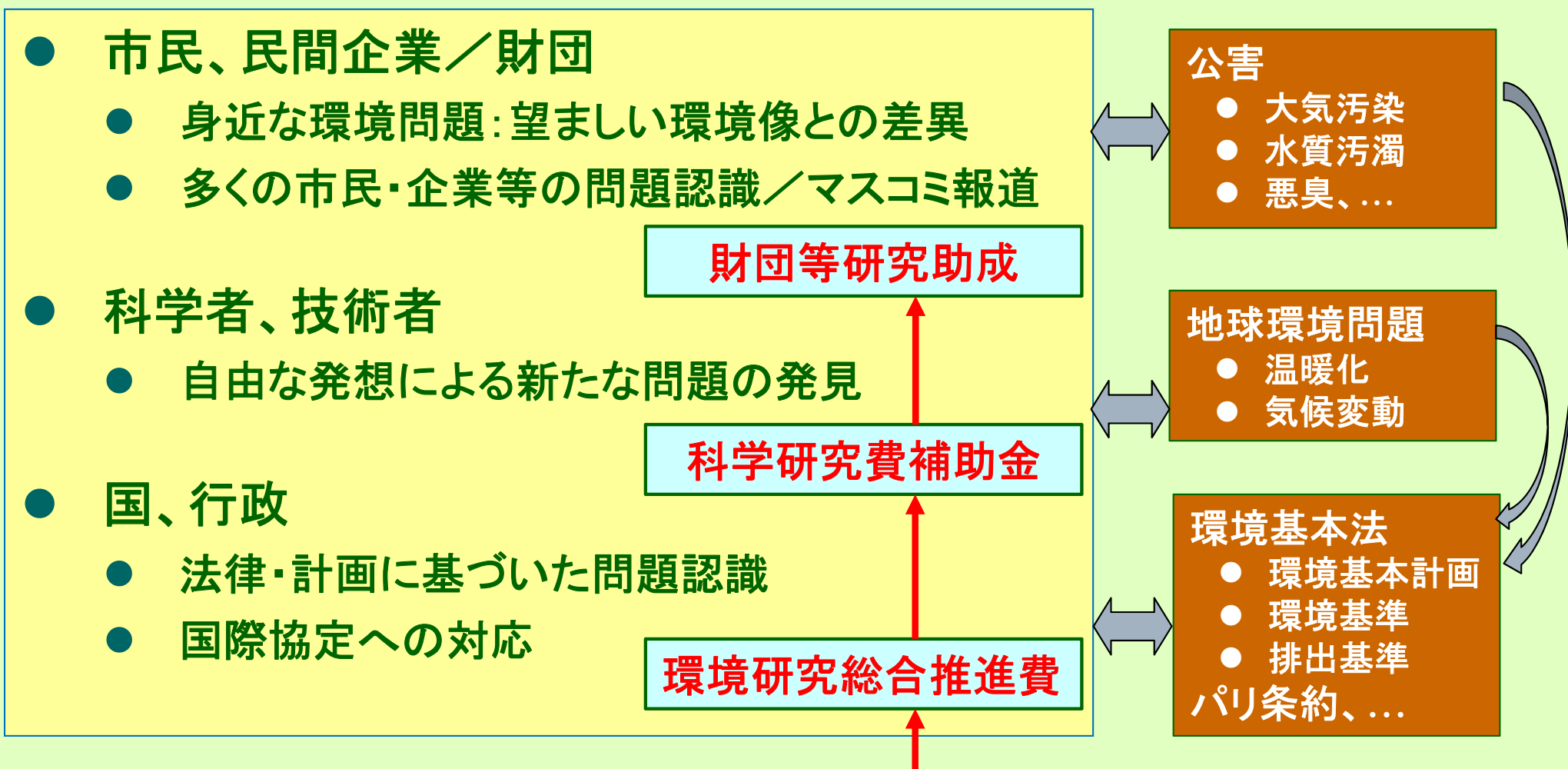
- 環境問題として認識される種々の課題を解決するための科学
  - 問題対応型、問題解決型
  - 環境問題解決科学
    - 問題解決のために従来の科学を俯瞰、統合→新しい科学



では、環境問題とは？

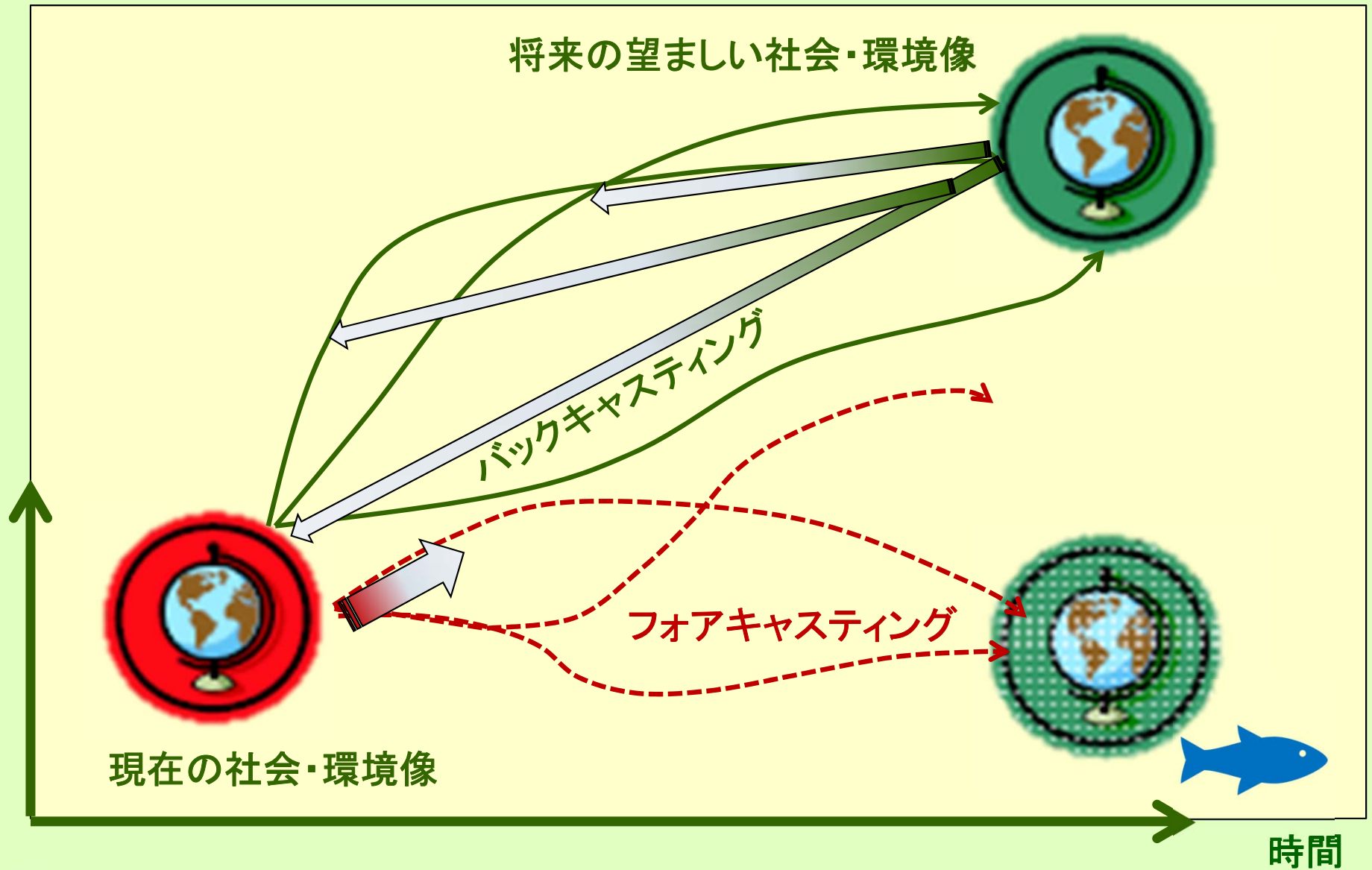
# 環境問題とは？

## 誰が、どのように問題として認識するか？



同じような問題認識／審査委員？

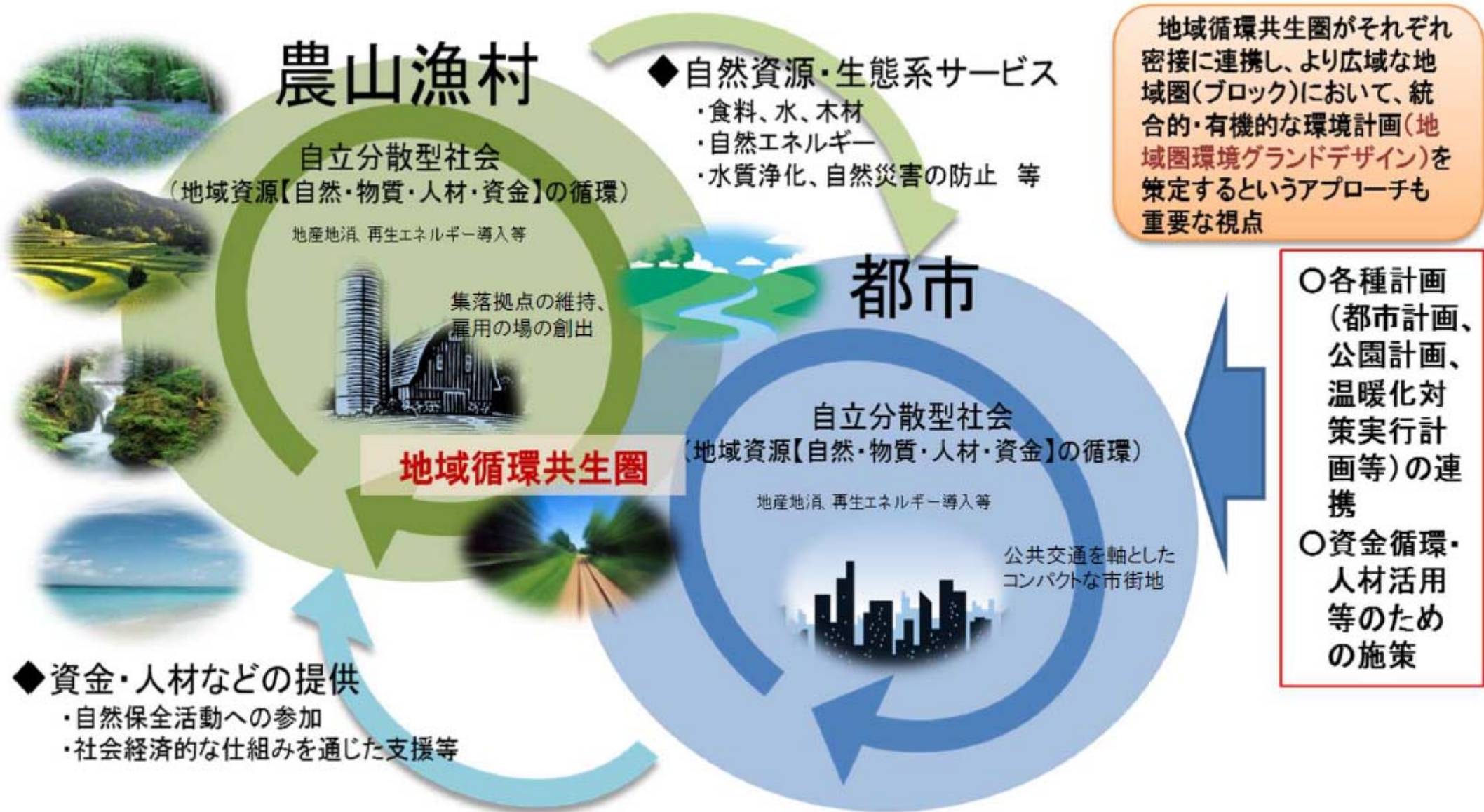
# バックキャストとフォアキャスト





# 地域循環共生圏のイメージ

森  
里  
川  
海



# 第五次環境基本計画における施策の展開の方向性

第五次環境基本計画の方向性について(案)、中央環境審議会、2017.12

- 我が国が抱える環境・経済・社会の課題や国際的な潮流を踏まえ、**6つの重点戦略を設定**。
- **パートナーシップ**（各主体との連携）の下、環境・経済・社会の**統合的向上を具体化**。
- 社会システム・ライフスタイル・技術といったあらゆる「**イノベーションの創出**」を目指す。

## 6つの重点戦略の概要（検討中の骨子）

### ① 持続可能な生産と消費を実現するグリーンな経済システムの構築

- 環境ビジネスを我が国経済の牽引力となるよう育成
- 国内資源の最大限の活用による国際収支の改善・産業競争力の強化
- 金融・税制等を活用した経済システムのグリーン化



洋上風力発電施設  
(H28環境白書より)

### ② 国土のストックとしての価値の向上

- 市街地のコンパクト化等、**持続可能で魅力あるまちづくり**
- 自然資本の維持等、**自然との共生を軸**とした国土の多様性の維持
- **自然環境が持つ多様な機能を活用**したレジリエンスの向上



土砂崩壊防備保安林  
(環境省HPより)

### ③ 地域資源を活用した持続可能な地域づくり

- 地域資源の最大限の活用により**環境配慮型の投資・消費を活発化**
- 都市と農山漁村等、地域が相互に交流する**広域ネットワークづくり**



バイオマス発電所  
(H29環境白書より)

### ④ 健康で心豊かな暮らしの実現

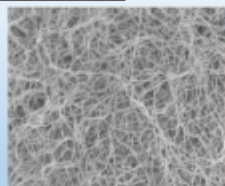
- 森里川海を中核とした人・自然がつながる**ライフスタイル・イノベーションの推進**
- 環境にやさしく健康で**質の高い生活への転換**
- 安全・安心な暮らしの基盤となる水・大気など**良好な環境の保全**



森里川海のつながり  
(環境省HPより)

### ⑤ 持続可能性を支える技術の開発・普及

- 持続可能な社会の実現を支える**最先端技術の開発**
- **生物・自然の摂理**を応用する技術の開発
- **社会実装**の推進



セルロースナノファイバー  
(H29環境白書より)

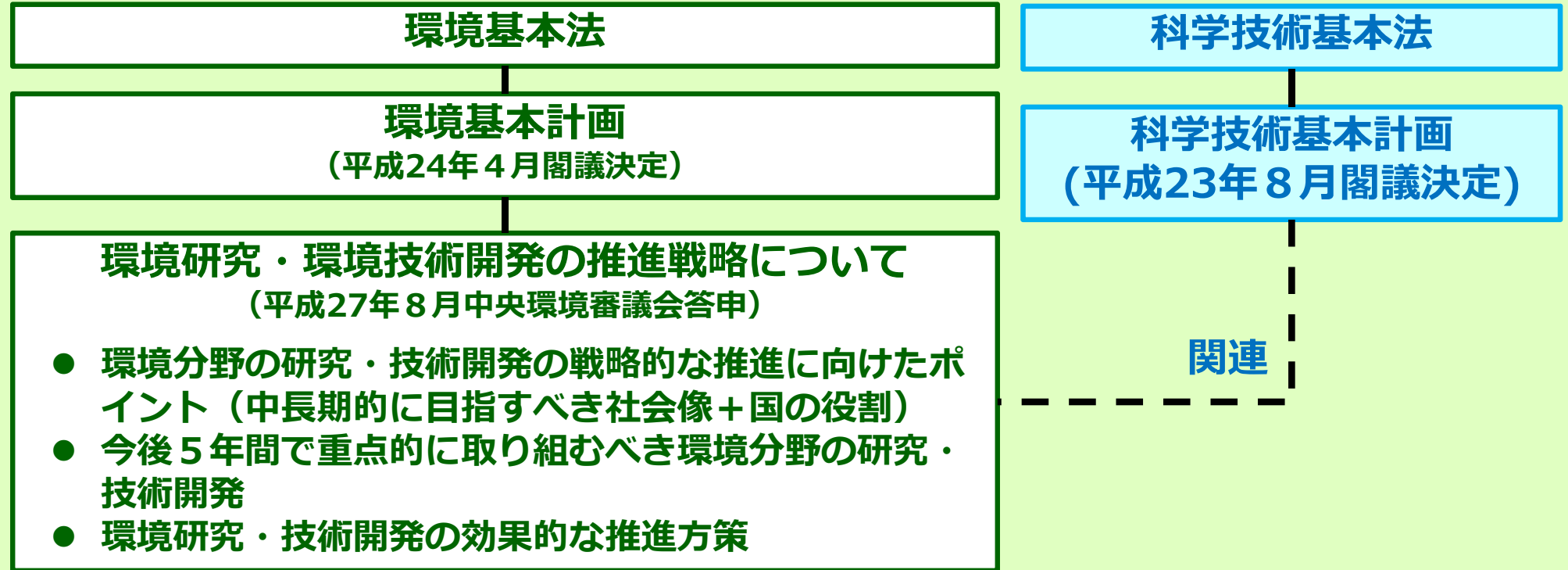
### ⑥ 国際貢献による我が国のリーダーシップの発揮と戦略的パートナーシップの構築

- 国際的なルール作りへの**積極的関与・貢献**
- 「**課題解決先進国**」として海外における「**持続可能な社会**」の構築支援



日本の開発協力  
(2016年版開発協力白書より)

# 環境研究・環境技術開発の推進戦略の位置づけ



その他環境省の研究・技術開発施策



国立環境研究所での研究・技術開発



環境研究総合推進費の課題公募

# 5対象分野:「環境研究・環境技術開発の推進戦略について」

(平成27年8月中央環境審議会答申)

## ● 統合領域(第1 部会)

持続可能な社会の実現に向けたビジョン・理念の提示、持続可能な社会の実現に向けた価値観・ライフスタイルの変革、環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用、災害・事故に伴う環境問題への対応に貢献する研究・技術開発 等

## ● 低炭素領域(第2部会)

低炭素で気候変動に柔軟に対応する持続可能なシナリオづくり、気候変動への適応策に係る研究・技術開発、地球温暖化現象の解明・予測・対策評価 等

## ● 資源循環領域(第3 部会)

3Rを推進する技術・社会システムの構築、廃棄物の適正処理と処理施設の長寿命化・機能向上に資する研究・技術開発、バイオマス等の廃棄物からのエネルギー回収を推進する技術・システムの構築 等

## ● 自然共生領域(第4 部会)

生物多様性の保全とそれに資する科学的知見の充実にに向けた研究・技術開発、森・里・川・海のつながりの保全・再生と生態系サービスの持続的な利用に向けた研究・技術開発 等

## ● 安全確保領域(第5 部会)

化学物質等の包括的なリスク評価・管理の推進に係る研究、大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究 等

# 重点課題一覧と研究・技術開発例

## 重点課題一覧

## 研究・技術開発例

### <統合領域>【新設】

- 重点課題①：持続可能な社会の実現に向けたビジョン・理念の提示
- 重点課題②：持続可能な社会の実現に向けた価値観・ライフスタイルの変革
- 重点課題③：環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用
- 重点課題④：災害・事故に伴う環境問題への対応に貢献する研究・技術開発

- 国際的な環境政策への知的貢献
- 環境教育・行動変容に関する研究
- 地域の環境問題解決に資する最適技術の開発
- 災害・事故に伴う環境問題への対応 など

### <低炭素領域>

- 重点課題⑤：低炭素で気候変動に柔軟に対応する持続可能なシナリオづくり
- 重点課題⑥：気候変動の緩和策に係る研究・技術開発
- 重点課題⑦：気候変動への適応策に係る研究・技術開発
- 重点課題⑧：地球温暖化現象の解明・予測・対策評価

- 低炭素化実現のための都市づくりの研究
- 省エネ・再エネ技術の高度化・低コスト化
- 観測・予測モデルに基づく適応技術の評価
- 炭素等の地球規模での循環の解明 など

### <資源循環領域>

- 重点課題⑨：3Rを推進する技術・社会システムの構築
- 重点課題⑩：廃棄物の適正処理と処理施設の長寿命化・機能向上に資する研究・技術開発
- 重点課題⑪：バイオマス等の廃棄物からのエネルギー回収を推進する技術・システムの構築

- 有用金属資源の再資源化技術の開発
- アスベスト・水銀等の有害廃棄物の適正処理
- 廃棄物処理施設の予防保全・故障予測
- 地域熱供給などの回収エネルギーの利用拡大に向けた社会システム整備 など

### <自然共生領域>

- 重点課題⑫：生物多様性の保全とそれに資する科学的知見の充実に向けた研究・技術開発
- 重点課題⑬：森・里・川・海のつながりの保全・再生と生態系サービスの持続的な利用に向けた研究・技術開発

- 生物多様性・遺伝資源に係る情報集積と活用
- 鳥獣の統合的な保護管理システムの開発
- 流域単位の生態系サービスの評価・解明と維持に向けた社会システム等の構築
- 防災等でのグリーンインフラの評価・活用 など

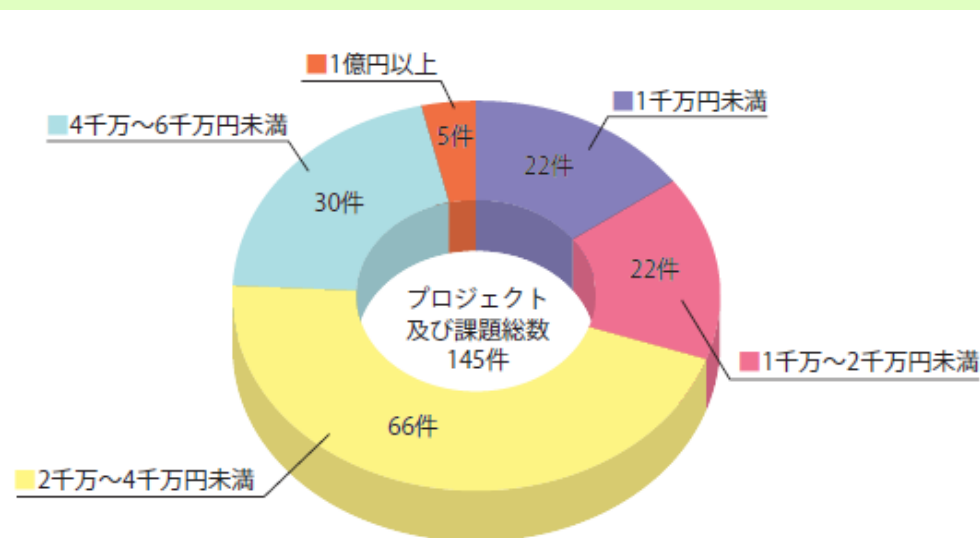
### <安全確保領域>

- 重点課題⑭：化学物質等の包括的なリスク評価・管理の推進に係る研究
- 重点課題⑮：大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究

- 多種・新規化学物質の環境動態の把握・管理
- 水銀・POPs等の全球的な課題への対応
- 健全な水循環の確保に向けた研究
- PM2.5等の大気汚染対策の評価・検証 など

# 環境研究総合推進費

- 地球温暖化の防止、循環型社会の実現、自然環境との共生、環境リスク管理等による安全の確保など、持続可能な社会構築のための環境政策の推進にとって不可欠な科学的知見の集積及び技術開発の促進を目的として、環境分野のほぼ全領域にわたる研究開発を実施。
- 環境省が必要とする研究テーマ（以下「行政ニーズ」という。）を提示して公募を行い、広く産学民官の研究機関の研究者から提案を募り、評価委員会及び分野毎の研究部会の審査を経て採択された課題を実施する環境政策貢献型の競争的資金。



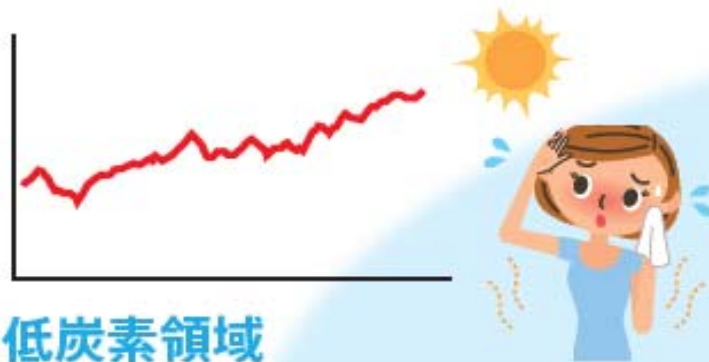
予算規模別課題数

研究開発費総額：約50億円／年

# 環境研究総合推進費：研究領域

「環境研究・環境技術開発の推進戦略について」

⇒環境分野において今後5年間で重点的に取り組むべき研究・技術開発の課題を設定したもの



## 低炭素領域

低炭素化実現のための都市づくりの研究、観測・予測モデルに基づく適応技術の評価、炭素等の地球規模での循環の解明 等



## 自然共生領域

生物多様性・遺伝資源に係る情報集積と活用、鳥獣の統合的な保護管理システムの開発、流域単位の生態系サービスの評価・解明と維持に向けた社会システム等の構築、防災等でのグリーンインフラの評価・活用 等



## 統合領域

国際的な環境政策への知的貢献、環境教育・行動変容に関する研究、地域の環境問題解決に資する最適技術の開発、災害・事故に伴う環境問題への対応 等



## 資源循環領域

有用金属資源の再資源化技術の開発、アスベスト・水銀等の有害廃棄物の適正処理、廃棄物処理施設の予防保全・故障予測、地域熱供給などの回収エネルギーの利用拡大に向けた社会システム整備 等



## 安全確保領域

多種・新規化学物質の環境動態の把握・管理、水銀・POPs等の全球的な課題への対応、健全な水循環の確保に向けた研究、PM2.5等の大気汚染対策の評価・検証 等

# 安全確保領域における行政ニーズ(H30)

5-1	実験水域による内分泌かく乱化学物質の生態系に及ぼす影響の解明
5-2	生態毒性に関するQSAR等を活用した複数化学物質の評価手法の開発
5-3	子どもへの化学物質のばく露評価及び健康影響検出に係る先進的研究
5-4	我が国における大気汚染物質の健康リスク解析手法の構築
5-5	自動車から排出されるブレーキ粉塵に対する健康影響を考慮した新たな排出量評価法の研究
5-6	有機エアロゾルの起源解明に基づくPM2.5シミュレーションの精度向上に関する研究
5-7	凝縮性ダストを含む燃焼排気由来の二次粒子生成能の評価手法に関する研究
5-8	「堆肥化施設」における悪臭低減に向けた副資材の開発等の対策技術に関する研究
5-9	湖沼の新環境基準「底層DO」評価手法の開発と底層DO低下形成メカニズムの解明
5-10	海産生物を用いた全排水毒性(WET)試験法の研究開発
5-11	有明海・八代海等の底層等の環境要因が生物・生態系に及ぼす影響の解明
5-12	汚染土壌から揮発した有害物質の摂取リスクに係る調査・評価手法に関する研究
5-13	閉鎖性水域の未解明なリン負荷源に対する新規リン分析・解析手法の開発
5-14	瀬戸内海周辺におけるPM2.5高濃度要因の解明



# 行政ニーズ(5-9)湖沼の新環境基準「底層DO」評価手法の開発と底層DO 低下形成メカニズムの解明

## 【背景・必要性】

湖沼における底層水の貧酸素化は、底生生物の大量死を引き起こし、栄養塩類等の湖底からの溶出を促進し水質の悪化を引き起こす。そのため、平成28年3月に新たな環境基準として底層溶存酸素量(以下「底層DO」という。)が導入されたが、湖沼における底層DOの低下等のメカニズムは十分には明らかになっていないため、具体的な対応策の検討が困難となっている。そのため、底層DOの評価手法の開発と、底層DOの低下要因を解明するための底層環境の研究を定量的に進める必要がある。

## 【目的・目標】

底層DOを生態系保全の効果的モニタリング指標として機能させるための評価手法の開発を目的とする。確立した底層DOの評価手法を指定湖沼や貧酸素化の深刻な湖沼に適用し、底層DOの低下がもたらす環境影響を把握するとともに、貧酸素化メカニズムの解析を通して水質・底質改善策を検討することを目標とする。

## 【内容】

底層DOの低下は、その発生場所・頻度、低下割合を正確に予測することは困難である。そこで対象湖沼に底層DOの自動計測機器群を設置することにより、底層DOと湖沼・気象因子(※)との関係を明らかにする。また、底層DOの低下の発生時期・場所を特定し、貧酸素化のメカニズムを解析するとともに、底泥溶出速度からその環境影響を解析する。(※)底泥の酸素消費速度、栄養塩等の濃度、水温、風向・風速、流速等

## 【成果の活用方法等】(略)

# 生活環境の保全に関する環境基準：海域 ア

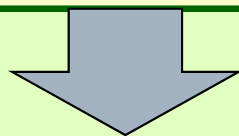
項目	利用目的の適応性	水素イオン濃度 (pH)	化学的酸素要求量 (COD)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数	n-ヘキサン抽出物質 (油分)
A	水産1級、水浴、自然環境保全及びB以下の欄に掲げるもの	7.8 - 8.3	2 mg/l以下	7.5 mg/l以上	1000MPM/100ml以下	検出されないこと
B	水産2級、工業用水及びCの欄に掲げるもの	7.8 - 8.3	3 mg/l以下	5 mg/l以上	-	検出されないこと
C	環境保全	7.0 - 8.3	8 mg/l以下	2 mg/l以上	-	-

- 1 自然環境保全：自然探勝等の環境保全
- 2 水産1級：マダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用及び水産2級の水産生物用  
水産2級：ボラ、ノリ等の水産生物用
- 3 環境保全：国民の日常生活（沿岸の遊歩等を含む。）において不快感を生じない限度

- ✓ 例えば類型Aの水利用を満足するCOD<sub>Mn</sub>が本当に2.0 mg/lか？  
cf. COD<sub>Mn</sub>が2.0 mg/l以上でも類型Aの水利用に問題がない？
- ✓ 無理な／無意味な規制のために廃水処理施設を増強することは妥当か？
- ✓ 国際的に一般的でないCOD<sub>Mn</sub>は国際化時代にふさわしくない？
- ✓ COD<sub>Mn</sub>をやめて、科学的に妥当なTOCにすべき

# 生物の生息等を評価するための新たな指標は？

- 閉鎖性海域における環境基準：COD、T-N、T-P
  - 環境基準における「生活環境」：人の生活及び人の生活に密接な関係のある財産＋人の生活に密接な関係のある動植物及びその生育環境
- COD
  - 有機物による水の汚れを表す指標
  - 閉鎖性海域に生育・生息する生物に直接影響を及ぼさない
- T-N、T-P
  - 植物プランクトンの内部生産を抑止する観点では低いことが望ましい
  - 生物の再生産に重要な役割を担っている海藻草類にとって必要不可欠



- その濃度から生物及びその生育環境が良好であるかを判断できない。
- 市民が体感できるなどの直感的で理解し易い指標でない。

# 底層溶存酸素量の類型および基準値 (データのある種)

類型	類型あてはめの目的	基準値
生物1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>生息段階</b>において貧酸素耐性の低い水生生物が、生息できる場を保全・再生する水域 (シロメバル)</li> <li>・<b>再生産段階</b>において貧酸素耐性の低い水生生物が、再生産できる場を保全・再生する水域 (ガザミ、ヨシエビ、クルマエビ)</li> </ul>	4.0mg/L以上
生物2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>生息段階</b>において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が生息できる場を保全・再生する水域 (マダイ、シロギス、ホシガレイ、トラフグ、スズキ、マコガレイ、ヒラメ)</li> <li>・<b>再生産段階</b>において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が再生産できる場を保全・再生する水域</li> </ul>	3.0mg/L以上
生物3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>生息段階</b>において貧酸素耐性の高い水生生物が、生息できる場を保全・再生する水域 (キジハタ、クルマエビ、ヨシエビ、マナマコ)</li> <li>・<b>再生産段階</b>において貧酸素耐性の高い水生生物が、再生産できる場を保全・再生する水域</li> <li>・<b>無生物域</b>を解消する水域</li> </ul>	2.0mg/L以上

# 底層DOに関する環境基準値の設定方法は？

- 目的：貧酸素による生物／生態系影響を軽減→水生生物の生息域の保全・再生→健全な水環境の実現
- 手法：
  - 過去に水環境が良好であった時の底層DOは？  
→データなし？良好な生態系とは？保全すべき多様性とは？
  - 現在、水環境が良好な他の海域の底層DOは？  
→同一（流況、負荷量、…）の海域はない？
  - 保全すべき魚介類のDO耐性は？  
① 検討対象種の選定 → ② DO耐性評価値の導出 →  
③ 底層DO目標値の導出！
  - 諸外国の基準の利用は？

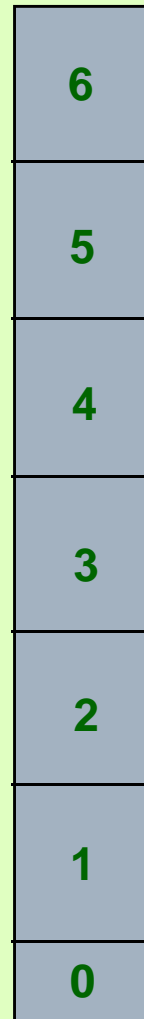
# チェサピーク湾の主要生息種の溶存酸素耐性

Migratory Fish Spawning & Nursery Areas

Shallow and Open Water Areas

Deep Water

Deep Channel



(mg/L)



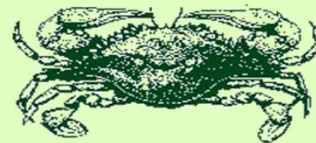
Striped Bass: 5-6



White Perch: 5



Hard Clams: 5



Crabs: 3



Spot: 2

American Shad: 5



Yellow Perch: 5



Alewife: 3.6

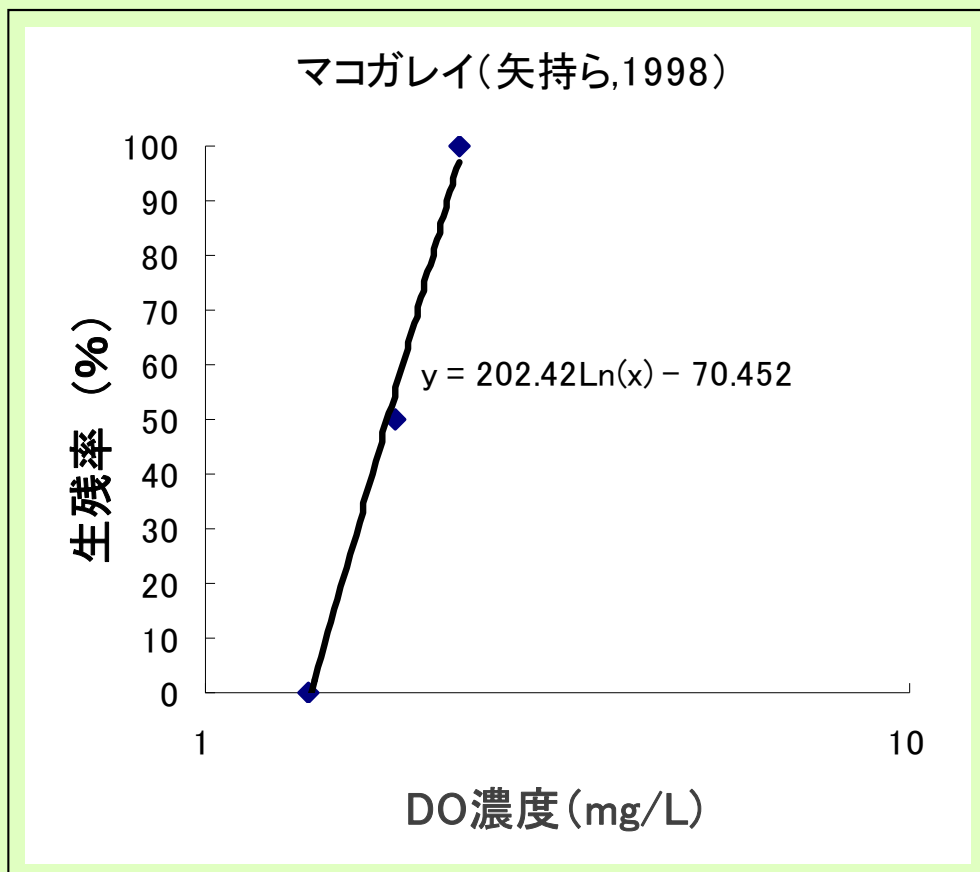


Bay Anchovy: 3



Worms: 1

# マコガレイの底層DO目標値の設定: 24h-LC<sub>5</sub>

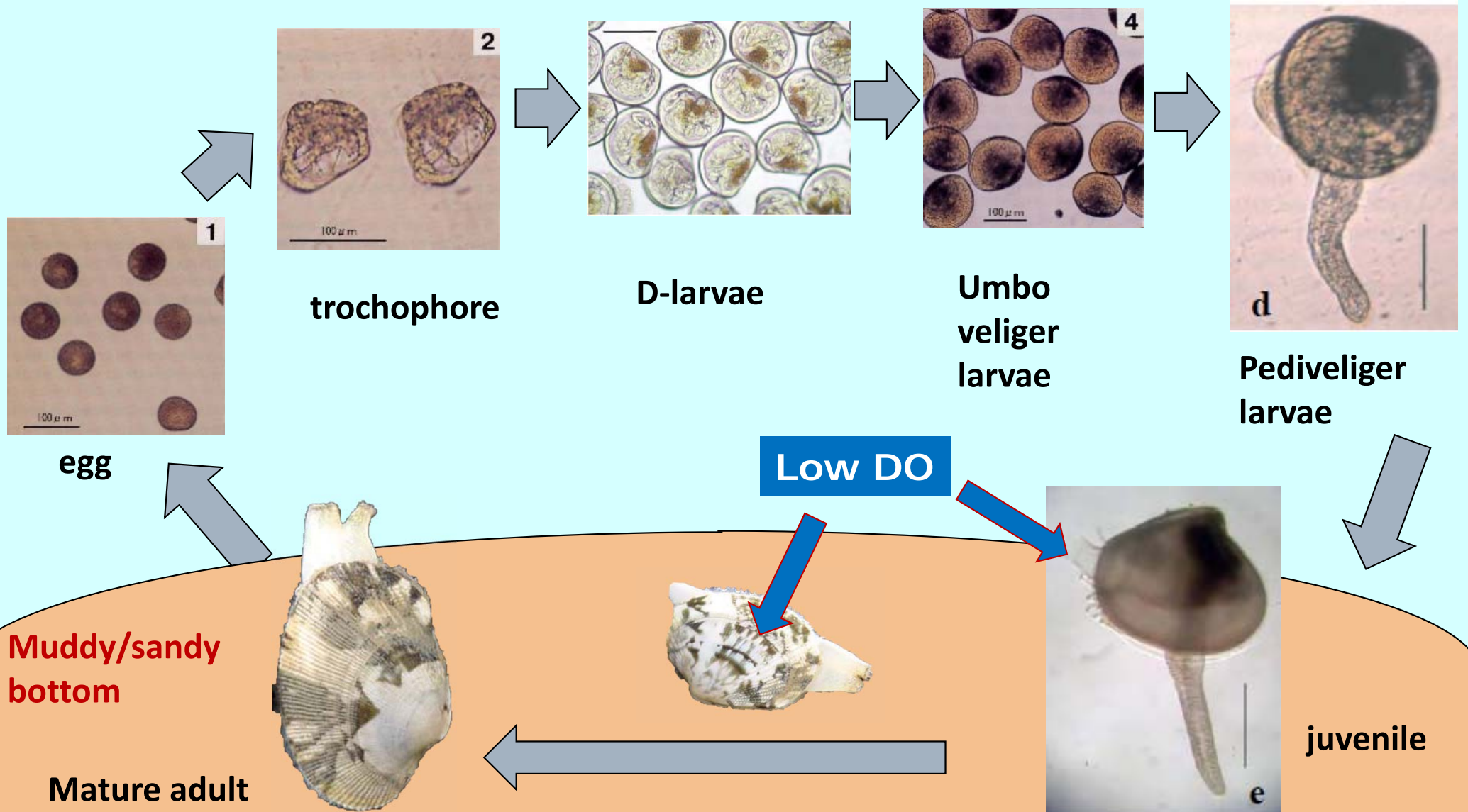


得られたDO耐性評価値の種類		実験文献	現場観測文献
1) 生息域の確保	成魚・未成魚の生存	なし	2.8mg/L [文献002]
2) 再生産の場の確保	ア) 仔稚魚の生存	2.3mg/L [文献095]	2.8mg/L [文献110]
	イ) 成魚・未成魚の行動異常・生理的変化	なし	なし



**DO = 3 mg/L**

# アサリの生活史

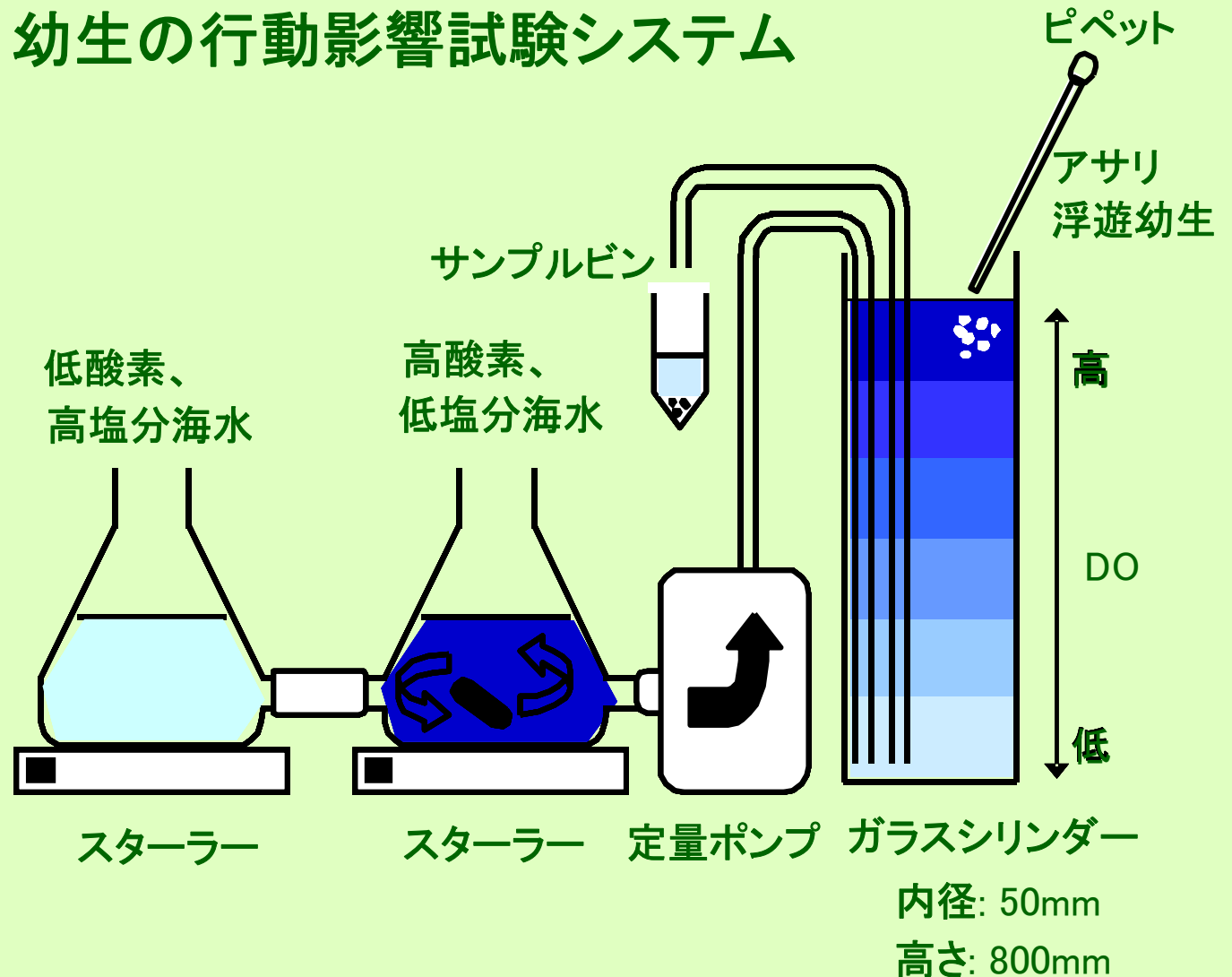




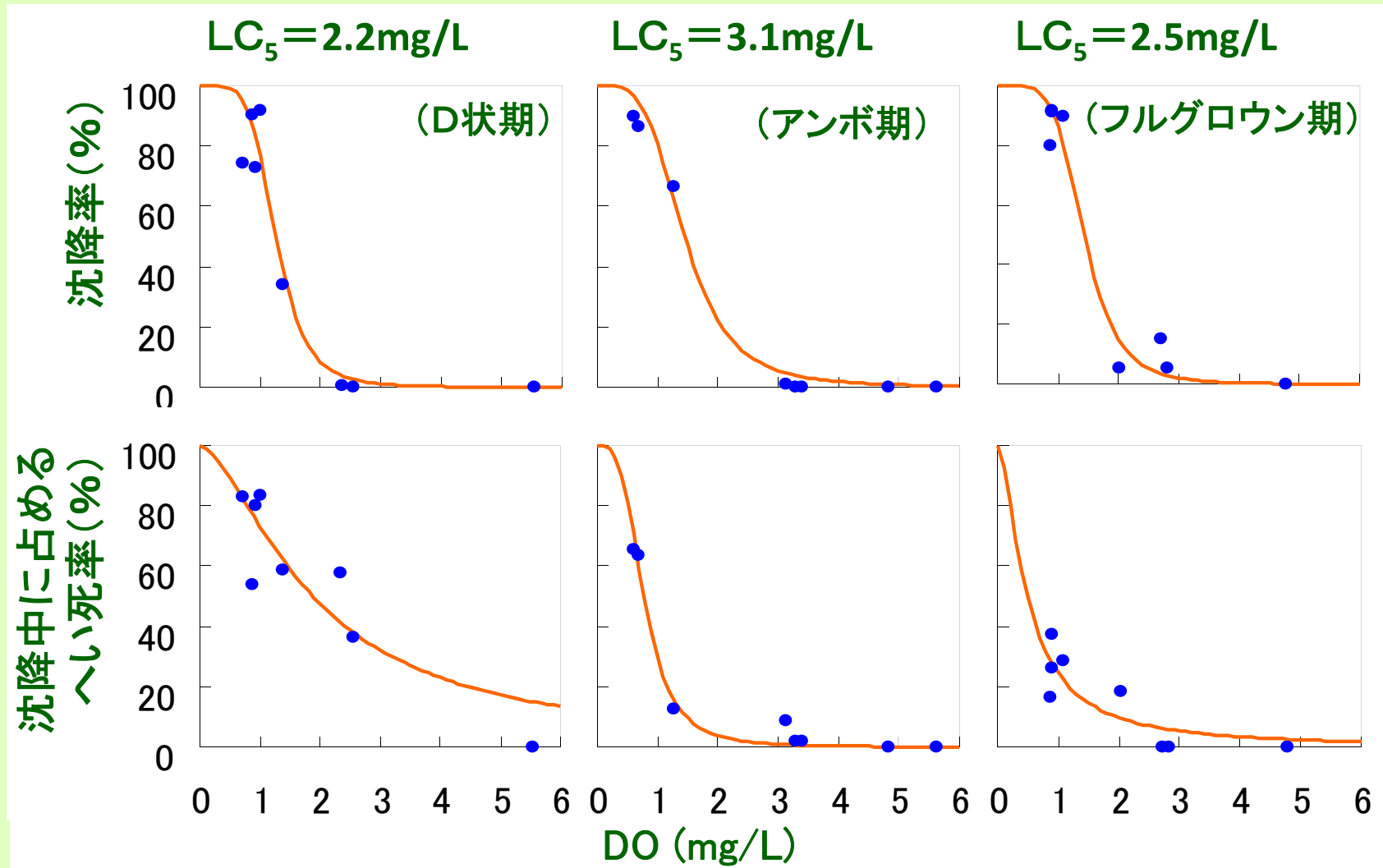
# アサリ浮遊幼生の貧酸素水応答試験



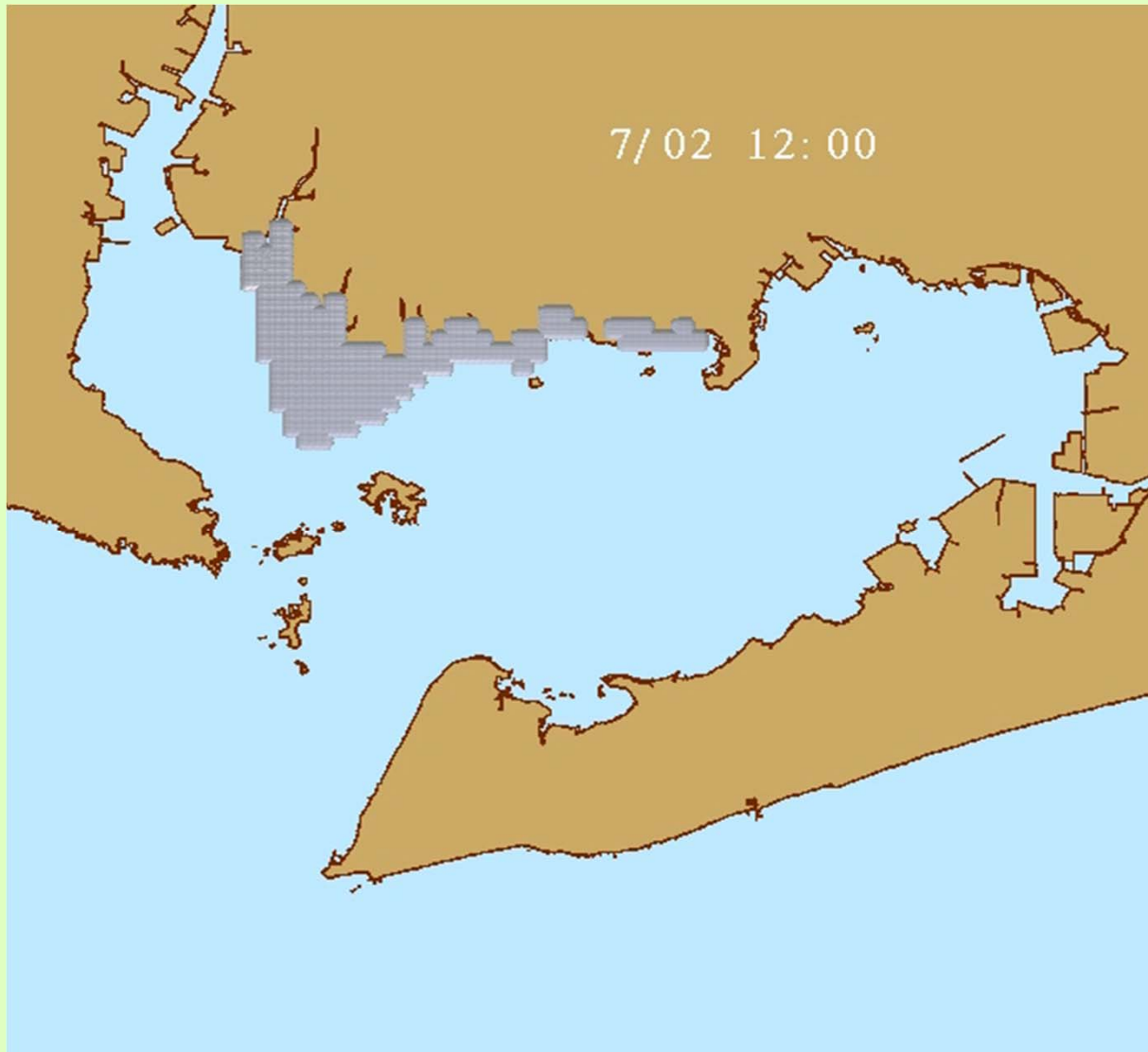
## 幼生の行動影響試験システム



# アサリ浮遊幼生の貧酸素素応答



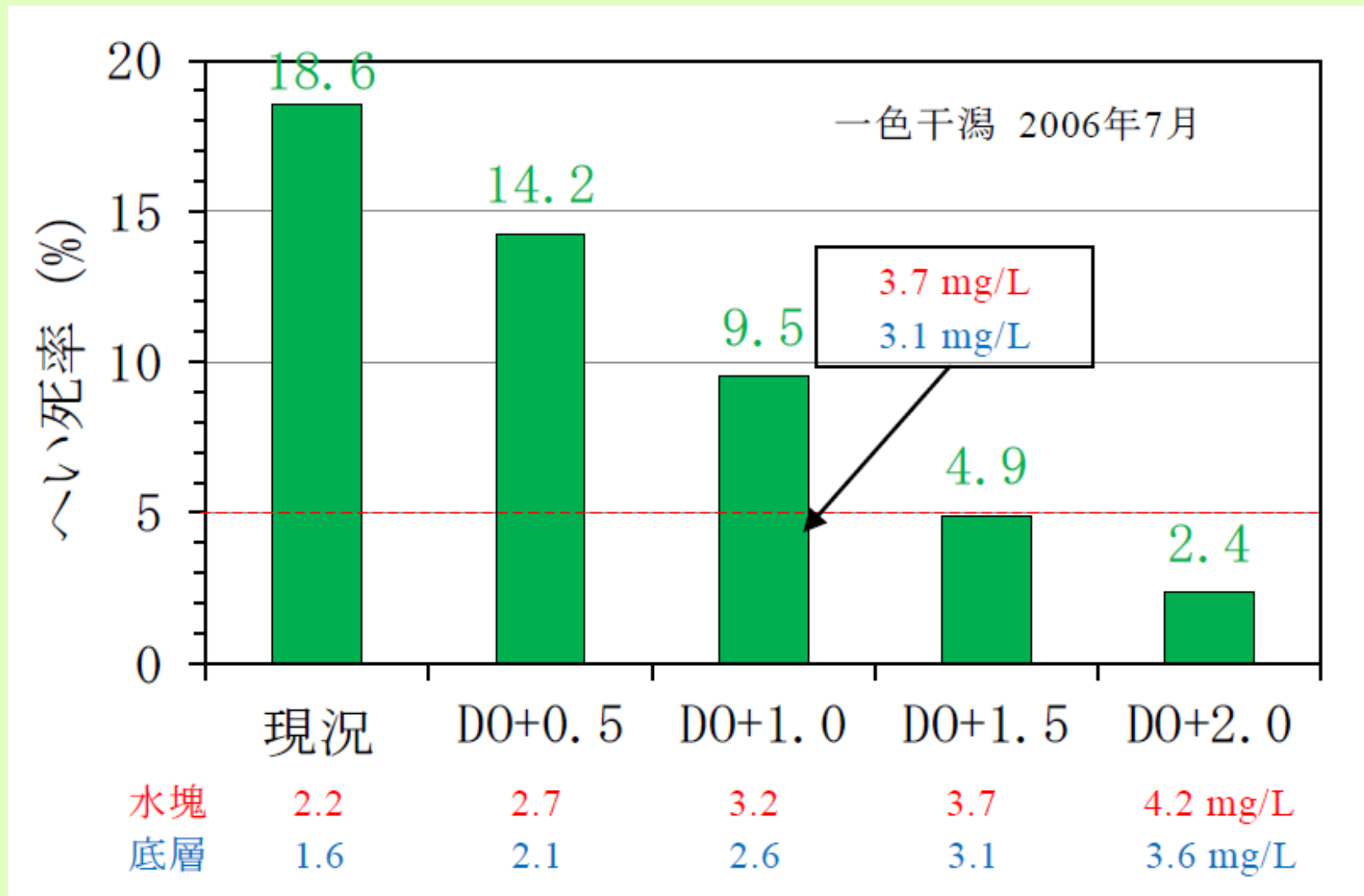
# アサリ浮遊幼生への貧酸素影響評価シミュレーション



愛知県一色干潟  
(2006年7月)

- 浮遊
- 沈降
- 流出
- 貧酸素による沈降: 生存
- 貧酸素による沈降: 死亡

# 斃死率5%を下回るDO濃度の推定



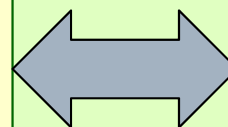
# 科学者と行政官の関心事？

## 科学者

- 解明すべき課題は？
  - 底生生物とは？
    - 成魚、仔魚、幼生、卵、…？
    - 種、個体群、群集、生息場、生態系、…？
  - 影響とは？
    - 斃死、成長、再生産、行動異常、…？
- 研究する価値はあるか？
  - これまでの研究成果？予算？施設とスタッフ？成果を出せる可能性？

## 行政官

- 底生生物に対する貧酸素の影響は？



行政への無関心

市民の役割は？

科学者の興味への無関心