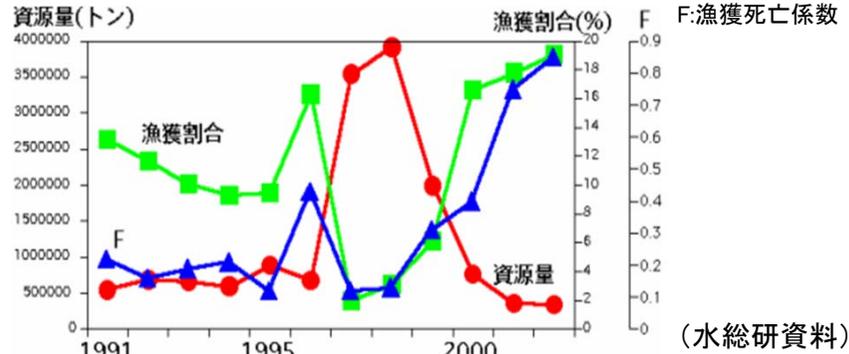


人工海底山脈事業の費用対効果の向上

世界の水産資源が激減する中、日本では水産資源を維持・回復するため沿岸海域を肥沃化する国の直轄事業が進められています
 弊社はこの政策に賛同し、人工海底山脈による混合現象の解明や、事業促進に貢献する費用対効果の向上に協力しています

イワシ類は全ての魚介類の重要な餌料になりますが、
 ↓日本沿岸でもカタクチイワシ資源量が激減しています

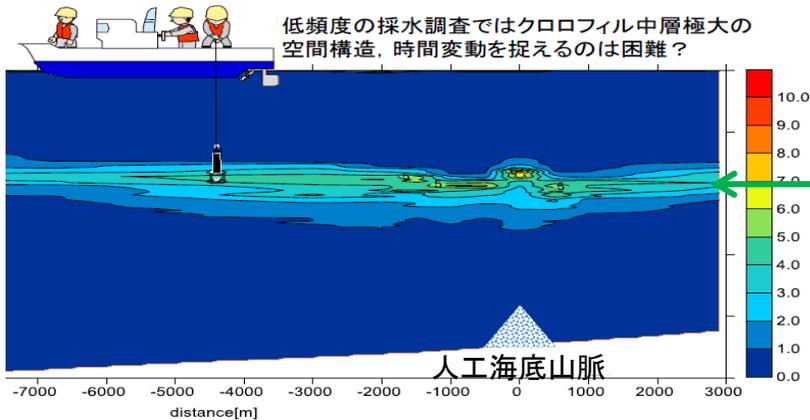


日本沿岸のカタクチイワシ資源は1998年をピークに急減しますが、
 2000年に竣工した海底山脈実証事業海域で漁獲が激増しました

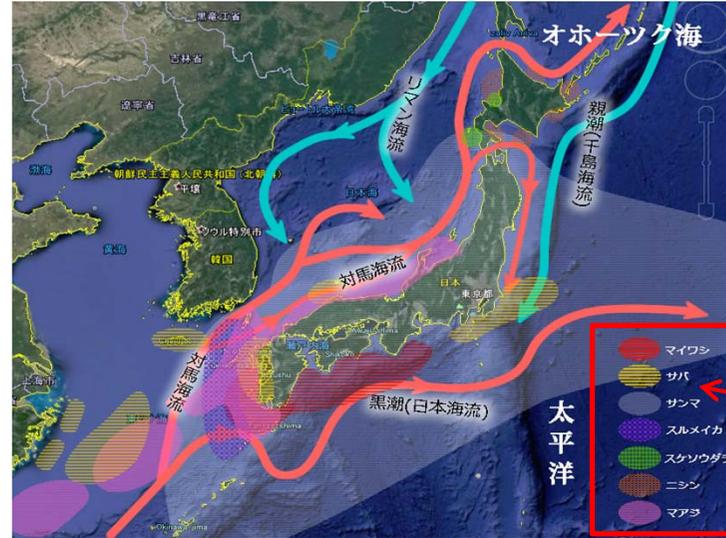
観測・解析技術の進歩

中層での密度逆転やChl-a濃度の渦が観測できるようになりました
 これまで困難だった混合現象を流動解析で再現できるようになりました

↓ 人工海底山脈直上中層でのChl-a渦の観測例



↓ 日本沿岸の海流と主な多様性魚の産卵海域

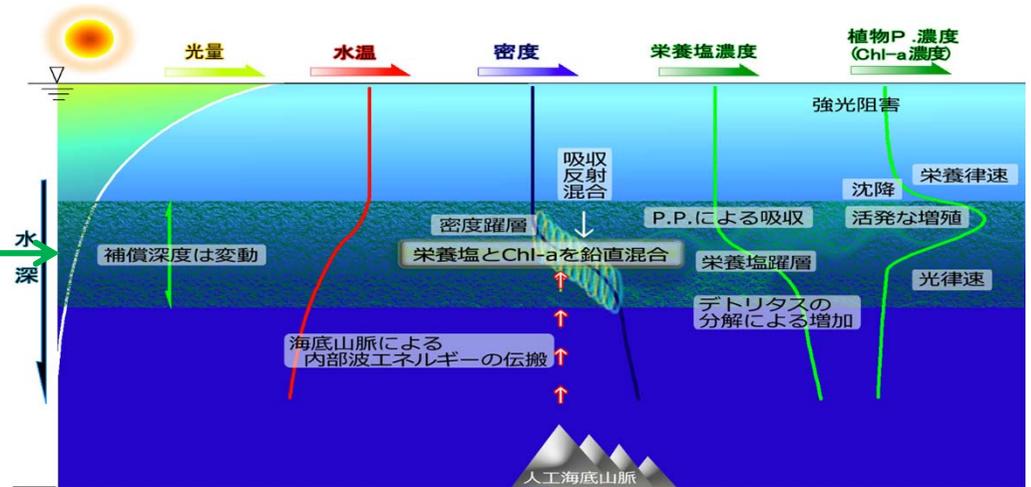


多様性魚の産卵海域に稚仔魚の生残率向上のため人工海底山脈を設置し、対象海域を肥沃化することが資源増加に有効だと考えます

- マイワシ
 - サバ
 - サンマ
 - スルメイカ
 - スケソウダラ
 - ニシン
 - マアサ
- 多様性魚種と産卵海域

↓ 人工海底山脈による真光層への栄養塩の鉛直混合のイメージ

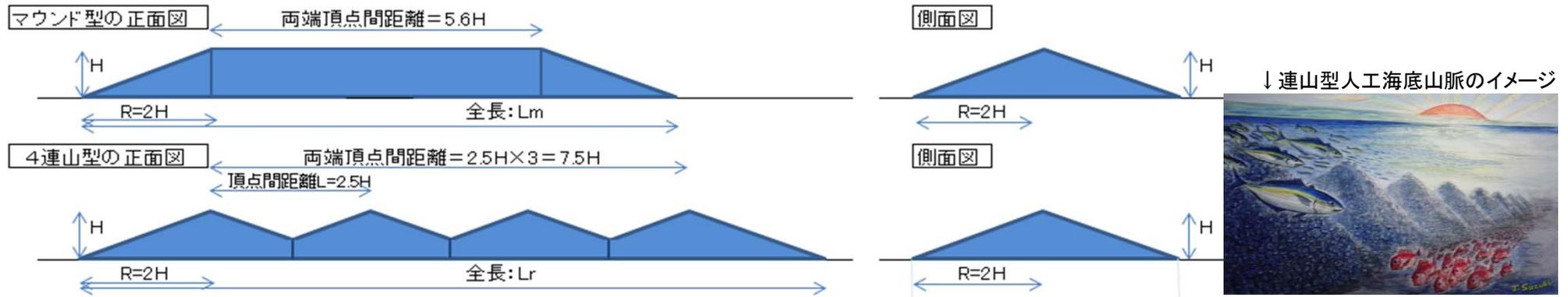
* Chl-a (クロロフィル-a): 植物プランクトン量の指標となる化学物質



人工海底山脈事業の効果は二つに大別されます

- 効果Ⅰ(湧昇効果): 人工海底山脈によって真光層に供給される栄養塩量を対象海域の流況、密度、栄養塩の観測値等を基に流動解析により算定します
次に供給された栄養塩によって増殖する植物プランクトン量と、それを捕食して増殖する魚類の増殖量を算定します
- 効果Ⅱ(魚礁効果): 人工海底山脈の魚礁としての有効体積(表面積×ブロック2~3個分の厚さ)を基に資源保護・育成増殖量等を算定します
効果Ⅰで生物の死骸や糞の沈降量が増加し、これを餌とする底生生物が増殖し、それを餌にする魚介類の増殖量を算定します

↓ 高さと同体積で湧昇効率の高い人工海底山脈として、水平な峰を持つマウンド型と、4基の円錐体を重複し連結した4連山型があります



効果Ⅰの基となる栄養塩の湧昇フラックスは、↓ Fig.8 からマウンド型と4連山型は同等であり、↓ Fig.9から4連山型でL=1.25r が高効率と言えます¹⁾

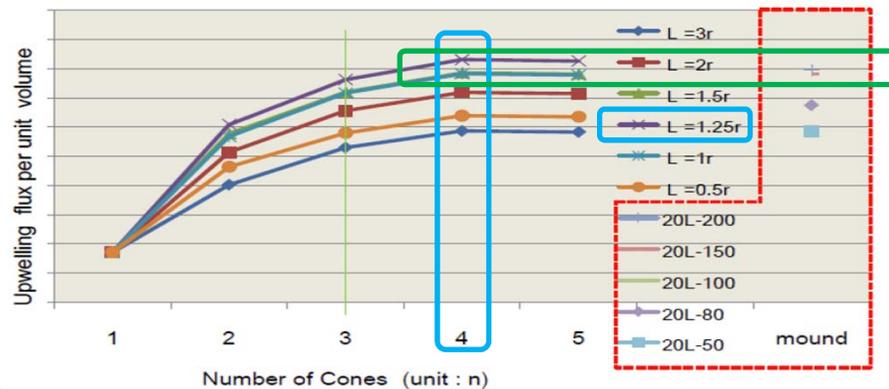


Figure 8. Unit upwelling flux of nutrients vs. number of cones composing artificial sea-mount and vs. various types of conventional levee type sea-mount varying peak distance from 50m to 200m (Dots on the right side surrounded by the red dashed line)

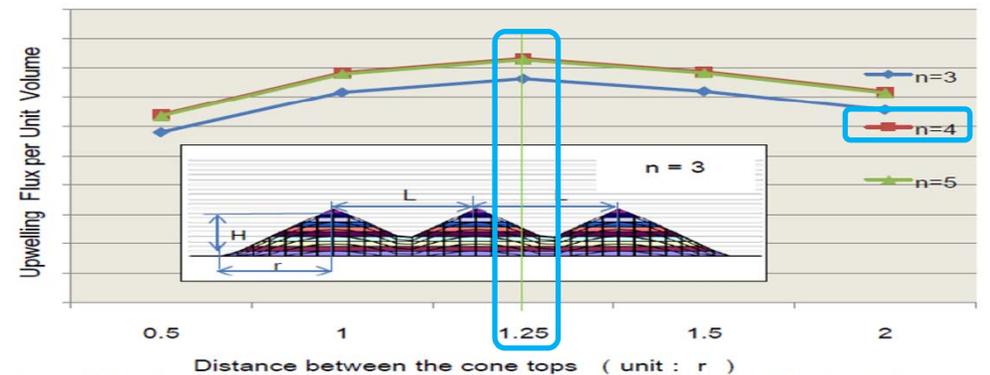


Figure 9 shows the upwelling flux of nutrients per unit volume of sea-mount was investigated by changing the vertex interval of "L" such as from 0.5r to 2r of artificial sea-mount consisted of 3 to 5 cones. Upwelling flux of nutrients per unit volume became large in the order of 4, 5, and 3 cones, and showed a maximum at 1.25r for the interval of cone top.

* : 湧昇フラックスは一定勾配の密度成層流下で真光層に上昇する栄養塩を流動解析で求め、海底山脈の体積当たりの量に換算しました

1) : T Suzuki, O Hashimoto, ENHANCING FOOD PRODUCTION ON CONTINENTAL SHELF BY ARTIFICIAL SEA-MOUNT, CRC Press, 2010, pp..297-309

効果Ⅱは魚礁としての有効体積*が基になりますが、高さと同体積が同じマウンド型と4連山型では4連山型の方が表面積が大きくなります(表-1)

*:魚礁としての有効体積は、人工海底山脈の表面積と魚礁として有効なブロック数層分の厚さの積と定義されます

表-1 4連山型とマウンド型人工海底山脈の比較 (単位:体積は m^3 、表面積は m^2) 斜面勾配=1:2

高さ:H	4連山型 L=1.25r (両端の頂点間距離 10H)								Sr	Vr	Lr	マウンド型 (両端頂点間距離 5.6H)					
	円錐体積	重複部体積	総体積:V	円錐側面積	重複面積	表面積:Sr	全長:L	Sm	Vm	Lm	円錐体積	三角柱部	総体積:V	側面積	表面積:Sm	全長:L	
15.0 m	14,137	1,555	51,884	3,161	818	10,192	172.5	1.16	1.0010	1.20	14,137	37,800	51,937	5,635	8,796	144.0	
20.0 m	33,510	3,680	123,001	5,620	1,451	18,125	230.0	1.16	1.0009	1.20	33,510	89,600	123,110	10,018	15,637	192.0	
30.0 m	113,097	12,493	414,911	12,645	3,271	40,765	345.0	1.16	1.0014	1.20	113,097	302,400	415,497	22,540	35,184	288.0	

マウンド型と4連山型の費用対効果の比較

本事業の費用対効果は、概ね上記の効果ⅠとⅡの和を事業費で割った値になります (費用対効果=(効果Ⅰ+効果Ⅱ)/事業費)

効果Ⅰの比較

高さ、体積が同等のマウンド型と4連山型海底山脈は、密度勾配が一定の成層流下では栄養塩の湧昇フラックスに大きな差がありません
 海域条件で変化しますが、両者とも内部波を誘起し栄養塩の鉛直混合を促進し基礎生産を増加させる効果は同等と考えられます

効果Ⅱの比較

高さ、体積が同等の4連山型の岩礫性基質表面積はマウンド型の116%です(魚介類の餌となる岩礫性ベントス*¹量と表面積に正相関があります)

高さ、体積が同等の4連山型の流れを遮る延長はマウンド型の120%です(山脈の後流域面積と餌となる砂泥性ベントス量に正相関があります)

4連山型は流れに対面する形状が複雑で、魚介類、付着生物に多様な流動環境、光の陰影環境を作り、より多様な棲み場を提供します

効果Ⅰによって沈降する餌料(デトリタス*²等)が岩礫性、砂泥性ベントスの増殖を促すのでベントスの生息環境を広く多様にする方が有利です

*¹:底生生物の別称、海底に接して生活する生物の総称

*²:生物の遺体、糞など生物に由来する有機物

費用(事業費)の比較

人工海底山脈の工事は4連山型の場合、各山頂にブロックを落下させることで大水深海域でも円錐形状を自然に構築することができます
 一方、マウンド型は峰を直線上に構築するのに高度な技術が必要です。両者ともブロック数が同じですので事業費は同等となります

結論:水産庁のガイドラインの主旨に沿って事業費が同等のマウンド型と4連山型を比較すると4連山型の費用対効果が10%程度高くなります