表 1 建構大鵬灣生態系模型各生物群之參數值。B (Biomass)：生物量 (g WW m^{-2})，P/B (Production/Biomass)：單位生產量 (yr^{-1})，Q/B (Consumption/Biomass)：單位攝食量 (yr^{-1})。

Group name	B	P/B	Q/B	Reference
Phytoplankton	5.7	2673.7	-	蘇等 2000
Periphyton	101.3	1.7	-	蘇等 2000 王 2001
Herbivorous Zooplankton	5.5	100.0	375.0	蘇等 2000
Carnivorous Zooplankton	0.5	35.0	128.0	黃 2000 鍾 2001
Oyster	269.6	1.5	35.0	台灣漁業年報 2000
Polychaeta	1.7	5.8	24.2	
Gastropoda	4.4	2.8	14.0	
Bivalve	372.8	2.2	9.5	謝 2000
Cirripedia	1.3	2.3	20.0	Opitz (1996)
Amphipoda	1.5	5.0	33.0	Lin et. al., 1999
Crab	1.8	1.6	14.0	
Shrimp	0.2	2.8	26.9	
Herbivorous Fish	2.2	2.3	6.5	
Zooplanktivorous Fish	0.4	1.9	5.0	陳 2002
Benthicfeeding Fish	1.7	1.0	2.7	Fish base
Detritivorous Fish	4.6	2.3	6.5	Opitz (1996)
Piscivorous Fish	2.0	0.9	2.1	
Detritus	5537.5	-	-	謝 2000

表 2 各漁法之漁獲量 (g WW m^{-2} yr^{-1})。 (附生藻與二枚貝的漁獲量為模擬拆除蚵架時所做的設定)

Group name	oyster catch	set net	gill net
Periphyton	1.0	-	-
Oyster	90.5	-	-
Bivalve	125.1	-	-
Crab	-	1.1	1.1
Shrimp	-	0.1	0.1
Herbivorous Fish	-	1.4	2.3
Zooplanktivorous Fish	-	0.3	0.3
Benthicfeeding Fish	-	0.6	0.3
Detritivorous Fish	-	2.1	6.2
Piscivorous Fish	-	0.3	0.7

表 3 食性組成。

Pery/Predator	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Phytoplankton	1.000	0.100	0.215	0.106	-	0.215	0.300	-	0.028	-	0.063	-	0.099	0.097	-
Periphyton	-	-	-	0.261	0.441	-	0.100	0.687	0.680	0.104	0.690	-	0.266	0.027	0.078
Herbivorous Zooplankton	-	0.900	0.035	0.010	0.010	0.035	0.050	0.010	0.010	0.010	0.010	0.531	0.010	0.007	0.001
Carnivorous Zooplankton	-	-	-	0.060	-	-	-	0.078	0.050	0.200	0.001	0.100	0.003	0.001	-
Oyster	-	-	-	0.020	0.024	-	-	-	0.029	0.111	0.005	-	0.022	-	-
Polychaeta	-	-	-	0.060	0.078	-	-	-	0.010	0.100	0.002	-	-	0.006	-
Gastropoda	-	-	-	0.010	0.022	-	-	-	0.60	0.105	0.001	-	0.001	0.021	0.001
Bivalve	-	-	-	0.025	0.030	-	-	-	0.040	0.154	0.006	-	0.030	-	-
Cirripedia	-	-	-	0.010	0.010	-	-	0.025	0.010	-	0.005	-	-	-	-
Amphipoda	-	-	-	0.038	0.050	-	-	-	0.012	0.051	0.019	0.052	0.230	0.019	0.028
Crab	-	-	-	-	0.002	-	-	-	0.002	0.002	-	-	0.089	-	-
Shrimp	-	-	-	-	0.003	-	-	-	0.003	0.002	-	-	0.010	-	0.002
Herbivorous Fish	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006	0.006	-	-	-	-	0.172
Zooplankton Fish	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.034
Benthicfeeding Fish	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006	0.006	-	-	-	-	0.131
Detritivorous Fish	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.357
Piscivorous Fish	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.154
Detritus	-	-	0.750	0.400	0.330	0.750	0.505	0.200	0.054	0.149	0.198	0.317	0.240	0.822	0.042

表 4 各生物群及漁法對棲地偏好之設定，＋號表示各生物群對於大鵬灣棲地的選擇。

Group\ Habatit	All	淺水區	深水區	淺水區蚵架	深水區蚵架
Phytoplankton	+				
Periphyton		+		+	+
Herbivorous Zooplankton	+				
Carnivorous Zooplankton	+				
Oyster				+	+
Polychaeta	+				
Gastropoda	+				
Bivalve				+	+
Cirripedia		+		+	+
Amphipoda	+				
Crab		+	+		
Shrimp		+	+		
Herbivorous Fish	+				
Zooplanktivorous Fish	+				
Benthicfeeding Fish	+				
Detritivorous Fish	+				
Piscivorous Fish	+				
Detritus	+				
Oyster catch				+	+
Set net		+	+		
Gill net		+	+		
Remove bivalve				+	+
Remove periphyton				+	+

表 5 拆除蚵架後，各生物群及漁法對棲地偏好之設定，＋號表示各生物群對於大鵬灣棲地的選擇。

Group\ Habatit	All	淺水區	深水區	原淺水區蚵架	原深水區蚵架
Phytoplankton	+				
Periphyton		+		+	
Herbivorous Zooplankton	+				
Carnivorous Zooplankton	+				
Oyster					
Polychaeta	+				
Gastropoda	+				
Bivalve					
Cirripedia		+		+	
Amphipoda	+				
Crab	+				
Shrimp	+				
Herbivorous Fish	+				
Zooplanktivorous Fish	+				
Benthicfeeding Fish	+				
Detritivorous Fish	+				
Piscivorous Fish	+				
Detritus	+				
Oyster catch					
Set net		+	+	+	+
Gill net		+	+	+	+
Remove bivalve					
Remove periphyton					

表 6 大鵬灣漁獲價格表 (元/公斤)。

Group name	Oyster catch	Set net and Gill net
Oyster	193	-
Crab	-	372
Shrimp	-	104
Herbivorous Fish	-	20
Zooplanktivorous Fish	-	59
Benthicfeeding Fish	-	100
Detritivorous Fish	-	120
Piscivorous Fish	-	220

表 7 大鵬灣三種漁法之相對漁獲工作比值。

	Jobs/catch value
Oyster catch	5
Set net	1
Gill net	1

表 8 搜尋大鵬灣經營成最佳生態結構的管理策略 (Optimum EV policy)與經營成折衷的管理策略 (Optimum compromise policy)時，在經濟價值 (economic value; EV)、社會價值 (social value; SV)、生態結構 (ecosystem structure; ES)三方面權重之設定。

Fishing policy\weight	EV	SV	ES
Optimum EV policy	1	0.001	0.001
Optimum compromise policy	1	1	1

表 9 生態系模型摘要性指數。T (Total system throughput)：系統總流量。NPP (Total net primary production)：淨初級生產力。P/R ratio (Total primary production/total respiration)：總初級生產量與總呼吸量的比值。NSP (Net system production)：淨系統生產力。PP/B ratio (Total primary production/total biomass)：總初級生產力與總生物量的比值。B/T (Total biomass/total throughput)：總生物量與系統總流量的比值。TB (Total biomass excluding detritus)：未含碎屑之總生物量。A (Ascendency)：餘裕度。O (Overhead)：經常性開銷。C (Capacity)：系統發展能力。FCI % (Finn's cycling index)：能量再循環比例。APL (Finn's mean path length)：平均傳輸路徑長。

	大鵬灣蚵架拆除前	大鵬灣蚵架拆除後	Unit
T	44965	40666	g WW m^{-2} yr^{-1}
NPP	15280	17430	g WW m^{-2} yr^{-1}
P/R ratio	1.5	4.1	
NSP	4854	13194	g WW m^{-2} yr^{-1}
PP/B ratio	19.7	55.4	-
B/T	0.017	0.008	-
TB	777	315	g WW m^{-2}
A	48044 (31.0 %)	48622 (41.4 %)	g WW m^{-2} yr^{-1}
O	106802 (69.0 %)	68784 (58.5 %)	g WW m^{-2} $year^{-1}$
C	154846	117406	g WW m^{-2} $year^{-1}$
FCI %	9.45 %	2.12 %	% of total throughput
APL	2.97	2.33	-

表 10 大鵬灣生態系模型之基本輸出值。TL (Trophic Level)：營養階層，E.E (Ecotrophic Efficiency)：生態效率，G.E (Gross Food Conversion Efficiency efficiency)：生長效率，R (Respiration)：呼吸量 (g WW m^{-2} $year^{-1}$)，OI (Omnivory Index)：雜食性係數。

Group name	TL	E.E	G.E	R	OI
Phytoplankton	1.00	0.32	-	-	-
Periphyton	1.00	0.61	-	-	-
Herbivorous Zooplankton	2.00	0.94	0.27	1100.00	0.00
Carnivorous Zooplankton	2.90	0.50	0.27	33.70	0.09
Oyster	2.04	0.23	0.04	7137.37	0.03
Polychaeta	2.32	0.85	0.24	22.32	0.36
Gastropoda	2.28	0.35	0.20	36.96	0.26
Bivalve	2.04	0.16	0.24	2001.83	0.03
Cirripedia	2.05	0.89	0.12	17.32	0.05
Amphipoda	2.18	0.96	0.15	32.27	0.29
Crab	2.31	0.93	0.11	17.28	0.34
Shrimp	3.01	0.94	0.10	3.00	0.44
Herbivorous Fish	2.05	0.91	0.35	6.35	0.06
Zooplanktivorous Fish	2.78	0.91	0.38	0.93	0.35
Benthicfeeding Fish	2.48	0.96	0.37	1.95	0.36
Detritivorous Fish	2.07	0.93	0.35	13.18	0.08
Piscivorous Fish	3.19	0.93	0.43	1.53	0.36
Detritus	1.00	0.68	-	-	0.23

表 11 大鵬灣與其他沿岸生態系模型之系統能量比較。NPP (Net System Production)：淨初級生產力，Geometric Mean % (Mean Transfer efficiency)：平均傳輸效率，D:H (Eetritus : Herbivorous)：碎屑與初級生產者提供生態系能量的比例，FCI % (Finn's cycling index)：能量在生態系中再循環比例，APL(Average Path Length)：平均傳輸路徑長度。

Study site	Climate	NPP	Mean %	D:H	APL	%
Tapong Bay	Tropical	15,280	4.3	1.9	3.0	9.5
Chiku Lagoon (Lin et al. 2001)	Tropical	50,600	9.7	1.4	3.1	15
Terminos Lagoon (Manickchand-Heileman et al. 1998)	Tropical	11,754	7.0	4.6	10.0	7
Takapoto Atoll lagoon (Niquil et al. 1999)	Tropical	4,254	17.0	0.6	NA	18
Great Barrier Reef[a] (Johnson et al. 1995)	Tropical	97,163	5.4	1.0	3.5	26
Tiahura Reef[a] (Arias-Gonzalez et al. 1997)	Tropical	17,650	7.7	NA	NA	NA
Arreguìn-Sánchez 2001)	Tropical	15,550	12.7	1.9	4.4	13
South-western Gulf of Mexico (Manickchand-Heileman et al. 1998)	Tropical	4,668	10.8	2.5	6.8	12
gulf of California, Mexico (Zárate et al. 2004)	Tropical	1,728	8.9	NA	2.4	9
Northern Benguela Upwelling (Heymans and Baird 2000)	Tropical	NA	27.6	NA	2.9	7
Kuosheng Bay (Lee, 2003)	l	6,702	6.4	2.4	4.4	32
Tanshui River Estuary	l	16,087	6.2	2.4	2.3	3
Tongoy Bay (Wolff 1994)	l	7,125	14.0	0.8	4.9	10
Sunday Beach (Heymans and McLachlan 1996)	Temperate	10,556	12.0	12	2.3	13
Ythan Estuary (Baird and Ulanowicz 1993)	Temperate	12,000	3.7	10.0	2.9	25
Swartkops Estuary (Baird and Ulanowicz 1993)	Temperate	12,652	2.8	1.5	3.9	44
Kromme Estuary (Baird and Ulanowicz 1993)	Temperate	16,046	3.4	6.7	2.4	26
Ems Estuary (Baird and Ulanowicz 1993)	Temperate	1,409	7.4	0.5	3.4	30

Study site	Climate	NPP	Mean %	D:H	APL	%
Chesapeake Bay (Wulff and Ulanowicz 1989)	Temperate	17,436	5.7	5.0	3.6	30
Baltic Sea (Wulff and Ulanowicz 1989)	Temperate	8,594	13.0	1.5	3.3	23
Venice lagoon	Temperate	26,589	15.6	12.3	3.3	16
New Zealand subantarctic water (Bradford-Grieve et al. 2003)	Temperate		23.0	NA	5.8	20

圖 1 大鵬灣空照位置圖。

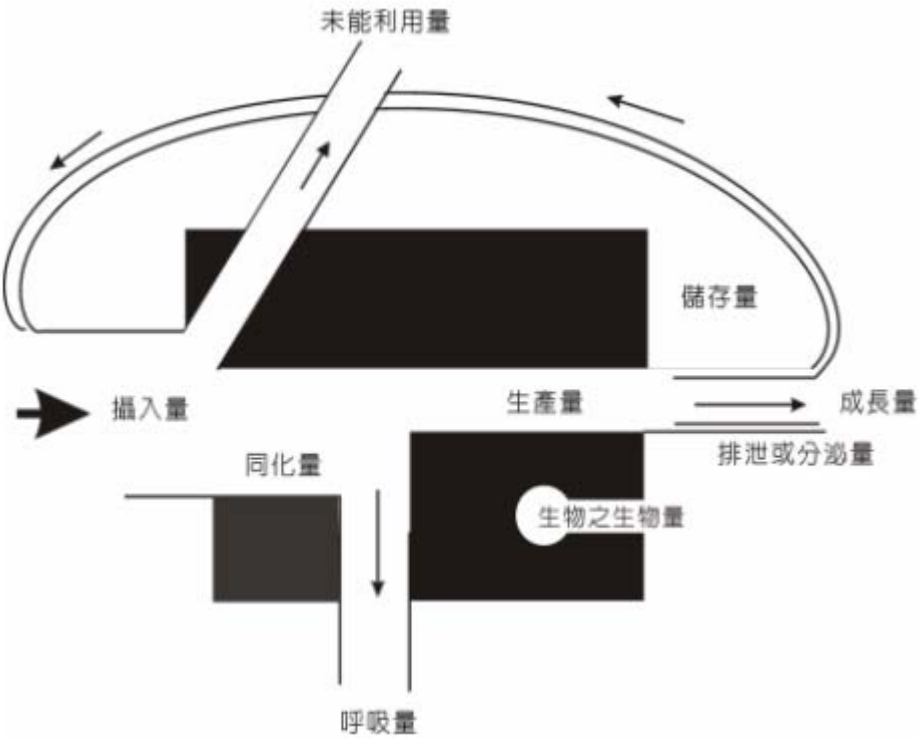


圖 2 生物個體能量收支平衡原理圖 (Odum, 1968)。

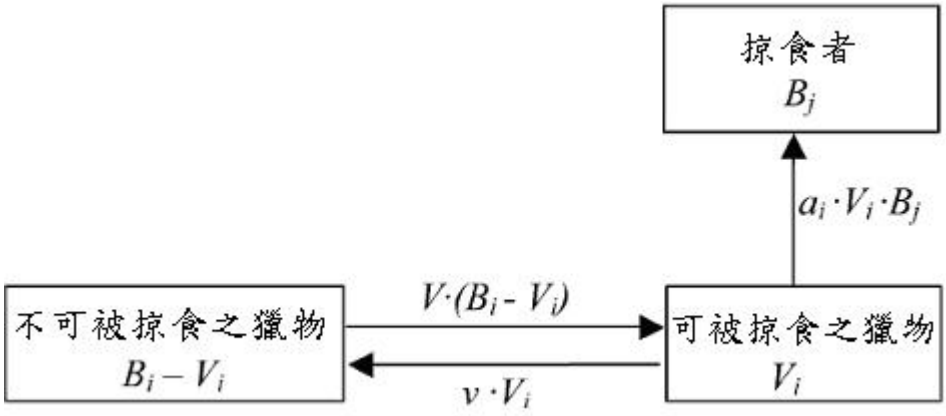


圖 3 可被掠食比例之示意圖。

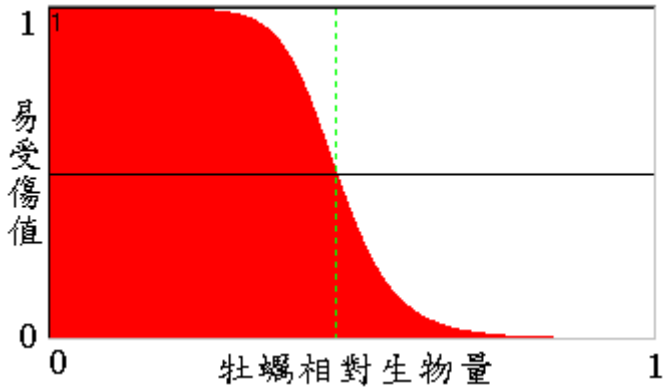


圖 4 調控值 (mediation)之設定。當牡蠣生物量為 0 時視為蚵架完全拆除，此時多毛類、蔓足類、端足類以及大部分魚類之可被掠食率為 1。

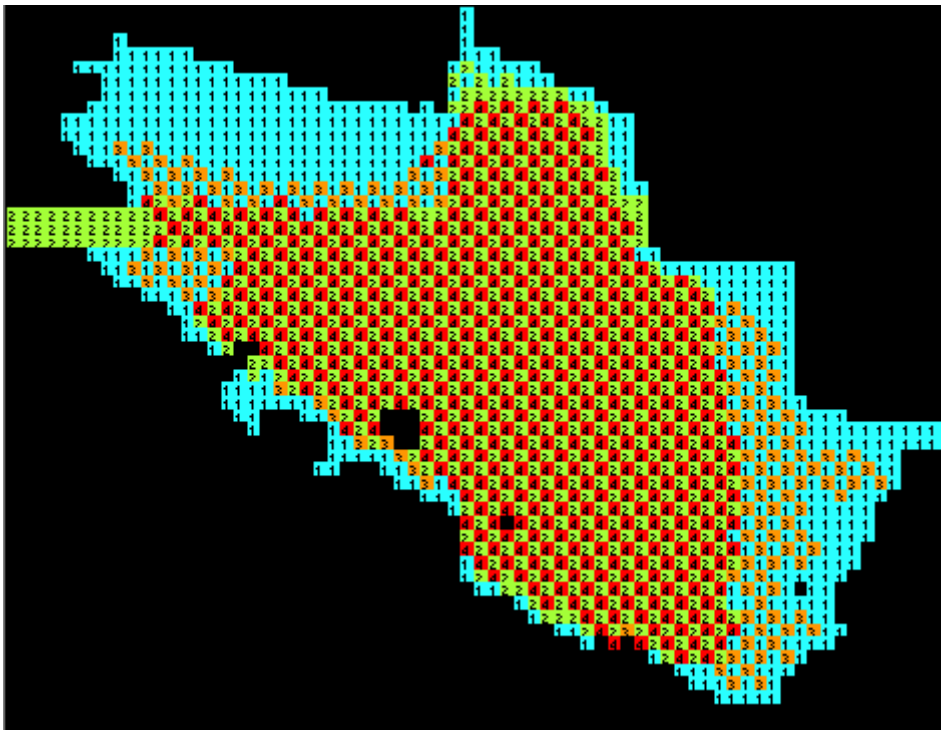


圖 5 大鵬灣棲地分布示意圖。黑色部分代表陸地，1 代表深度小於 3 m 之淺水區，2 代表深度大於 3 m 之深水區，3 代表位在淺水區之蚵架，4 代表位在深水區之蚵架。每格為 50 m^2。

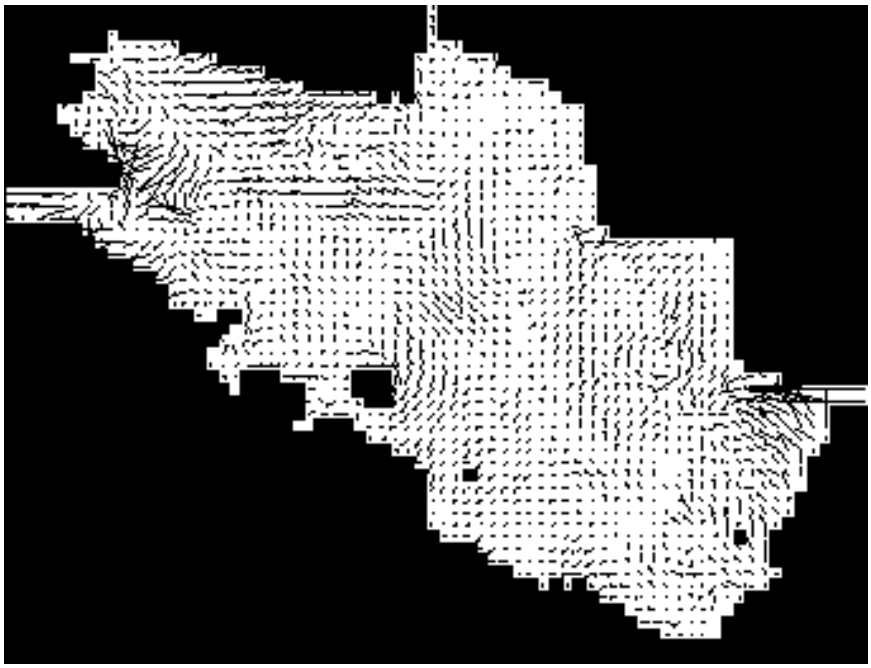


圖 6 大鵬灣餘流資料($km\ yr^{-1}$)箭頭代表各網格中餘留的方向與大小。

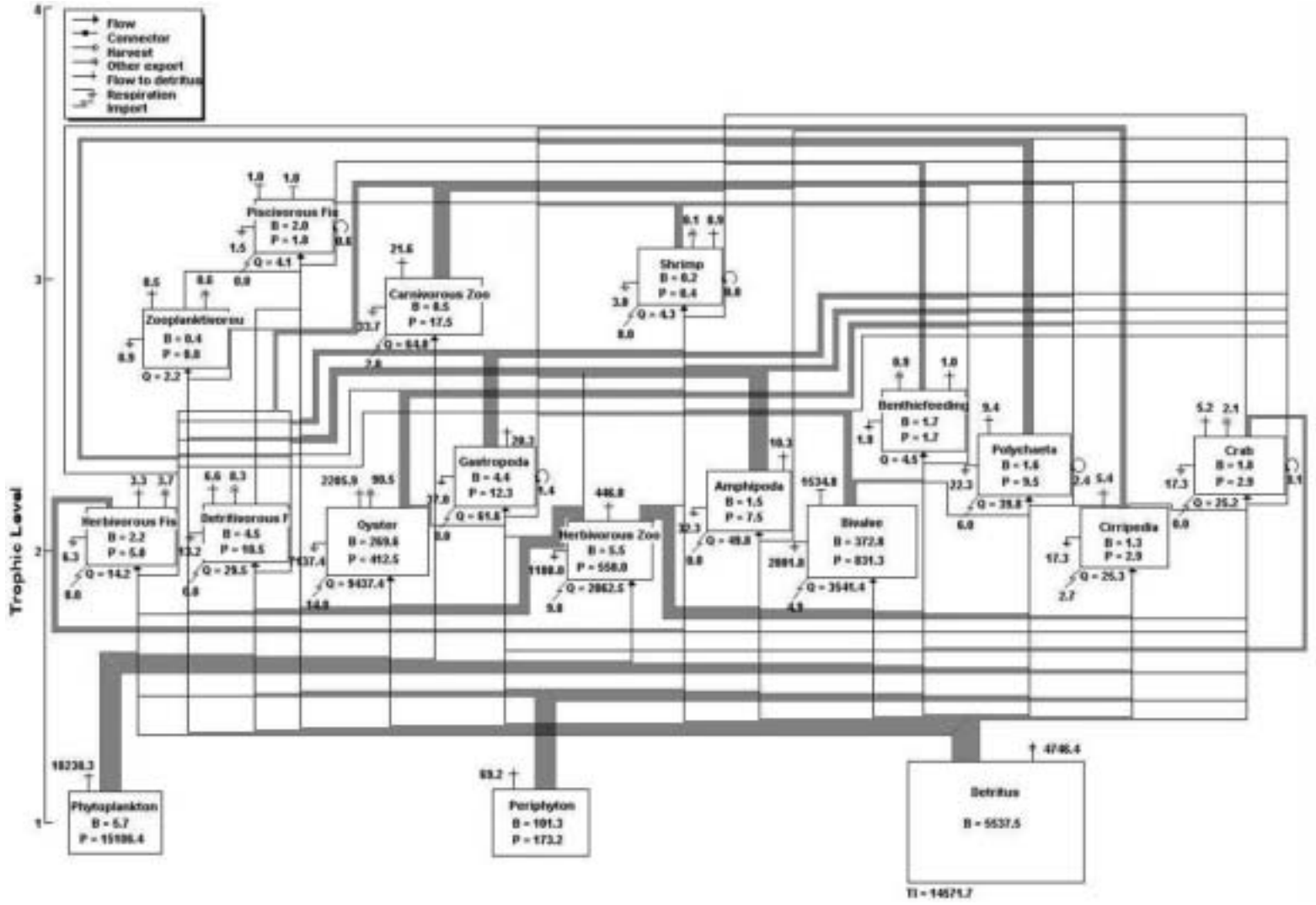


圖 7 大鵬灣生態系食物網絡圖。Y 軸為各生物群相對應之營養階層，方塊大小為生物量 (B)之相對比例，單位為 g WW m^{-2}。生產量(P)，消費量(Q)與其他流量單位為 g WW m^{-2} yr^{-1}。

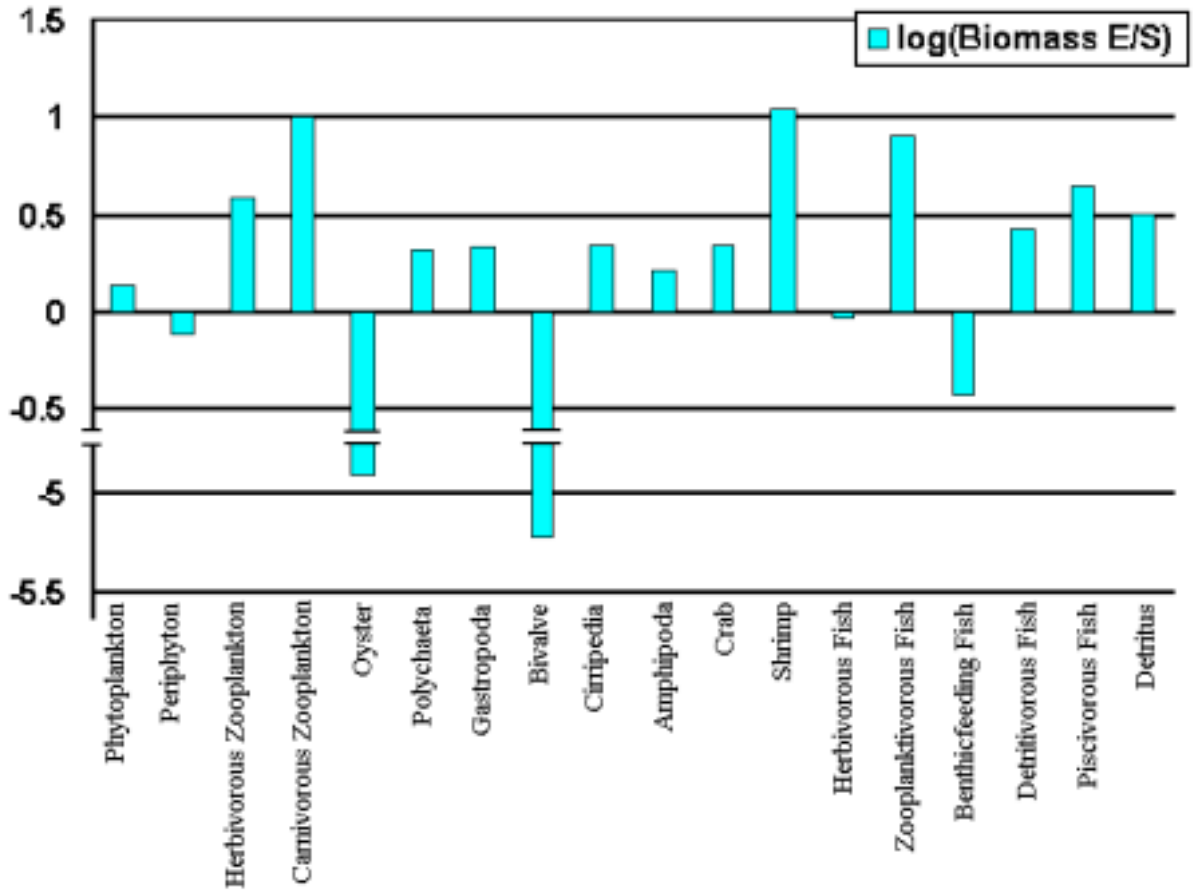
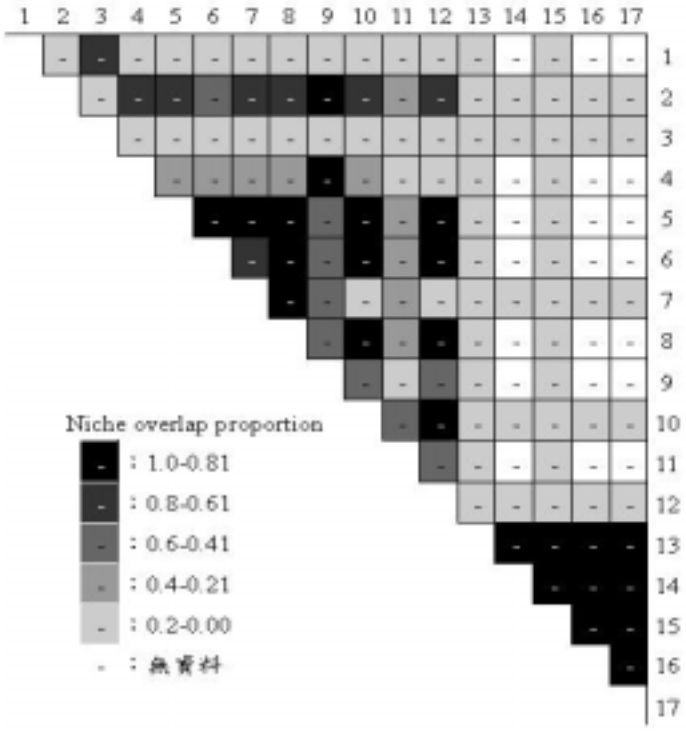
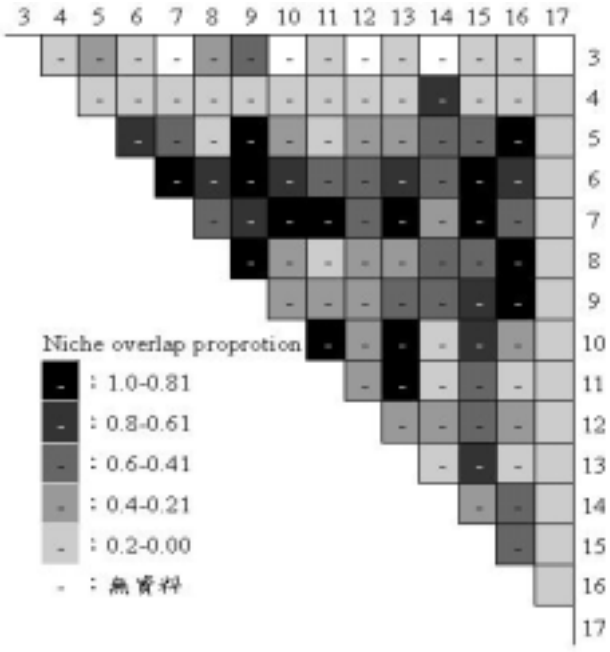


圖 8 大鵬灣拆除蚵架之生物量變化，以模擬期間結束 (End, E)與開始 (Start, S)之比值取 log 表示。

predator overlap

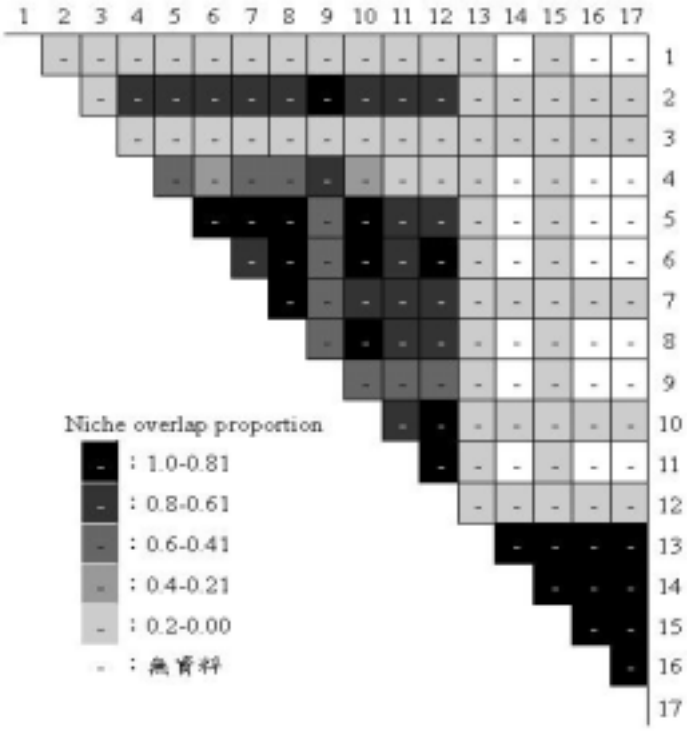


prey overlap

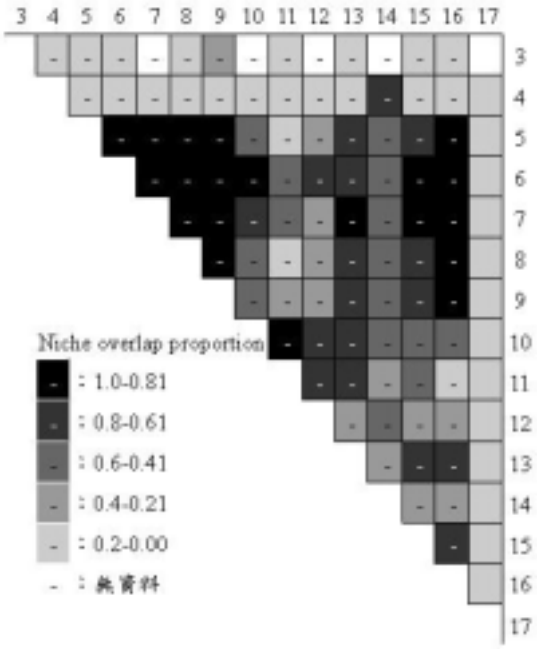


a 拆除蚵架前

predator overlap

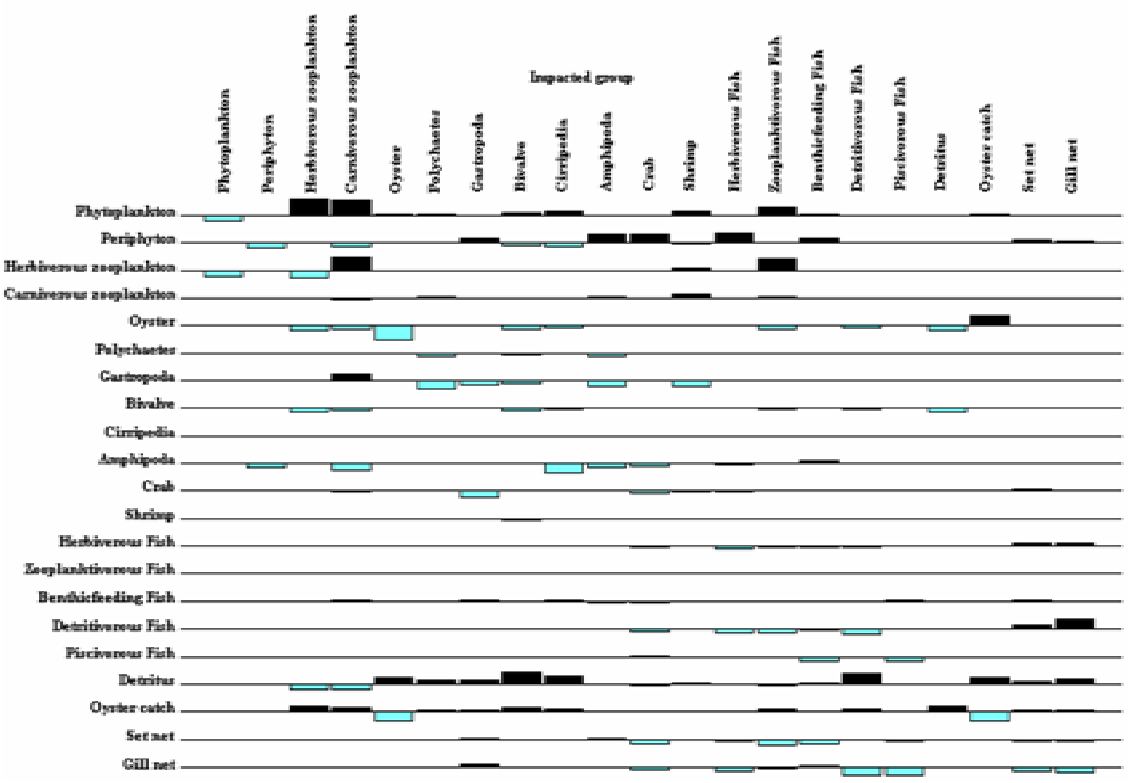


prey overlap

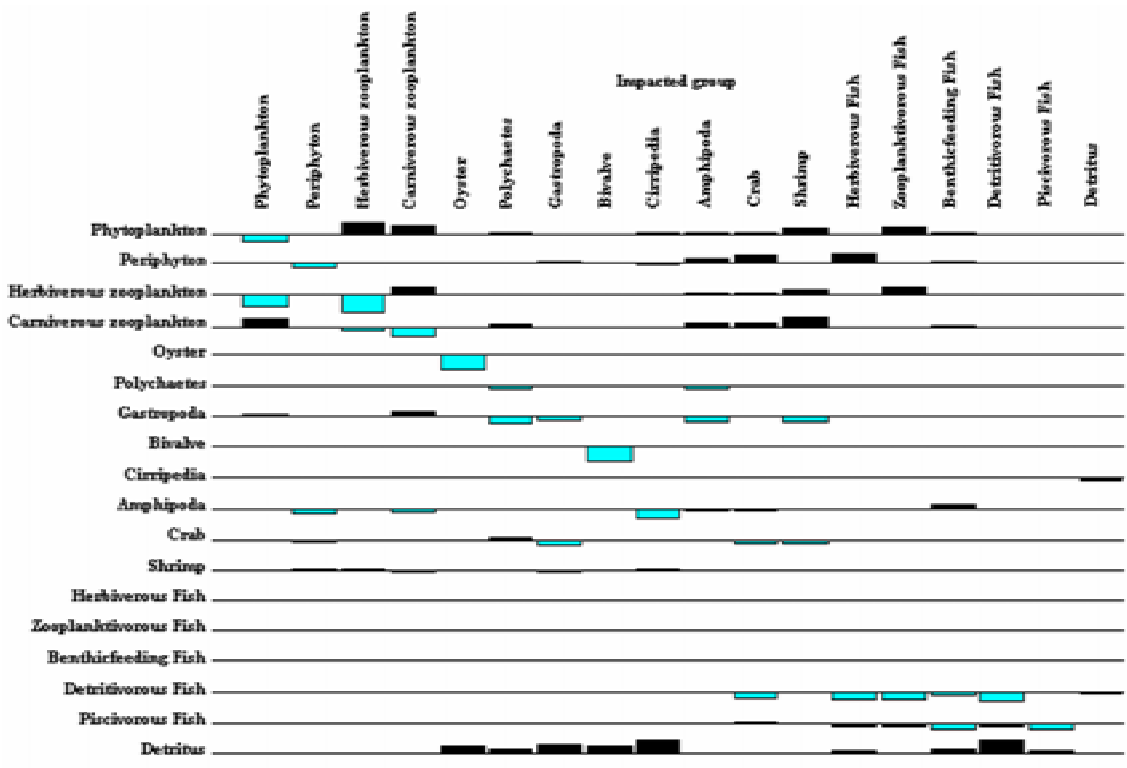


b 拆除蚵架後

圖 9 大鵬灣生態棲位重疊圖，以生物群之掠食者角色重疊性 (predator overlap)及生物群所捕捉獵物角色之重疊性 (prey overlap)兩部分表示。數字各代表大鵬灣 17 個生物群，顏色代表不同重疊性的比例。

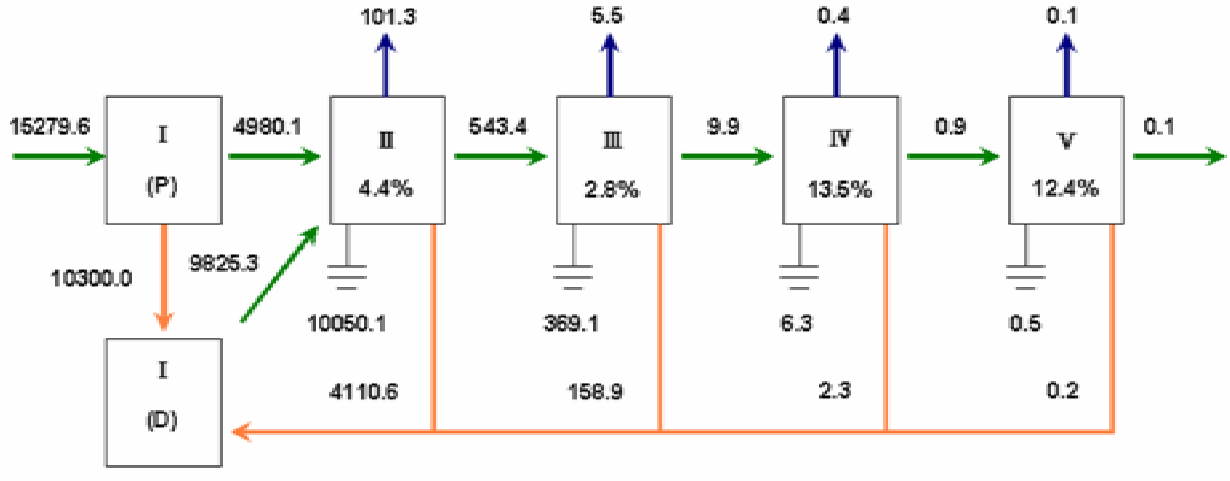


a 拆除蚵架前

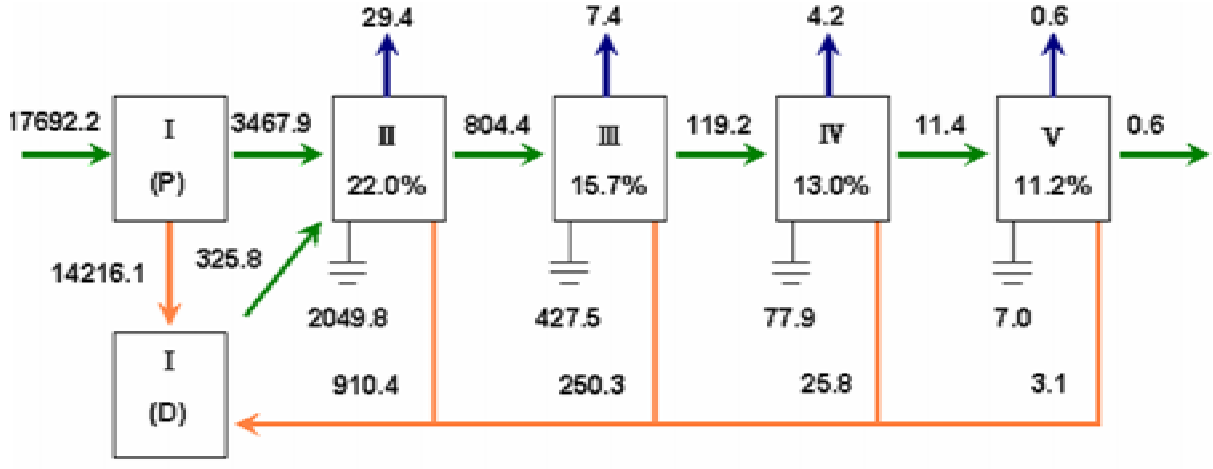


b 拆除蚵架後

圖 10 大鵬灣綜合營養衝擊圖, 當 x 軸生物量增加對各生物類產生正面或負面的影響。

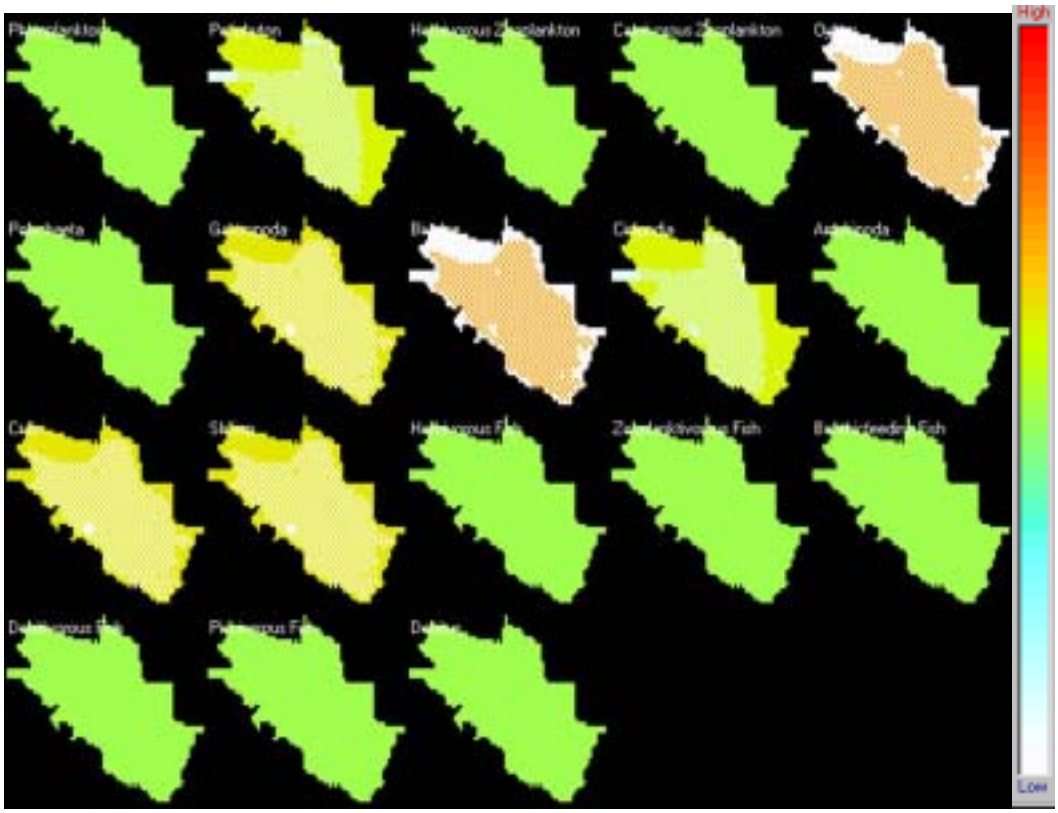


a 蚵架拆除前

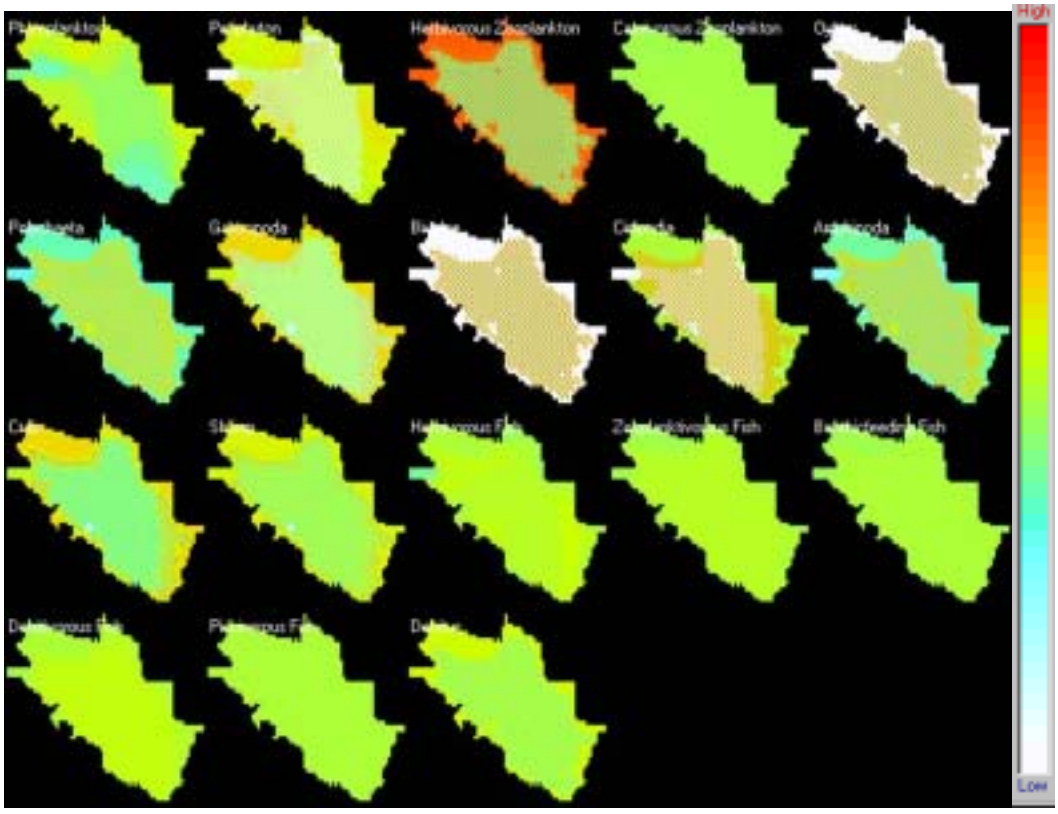


b 蚵架拆除後

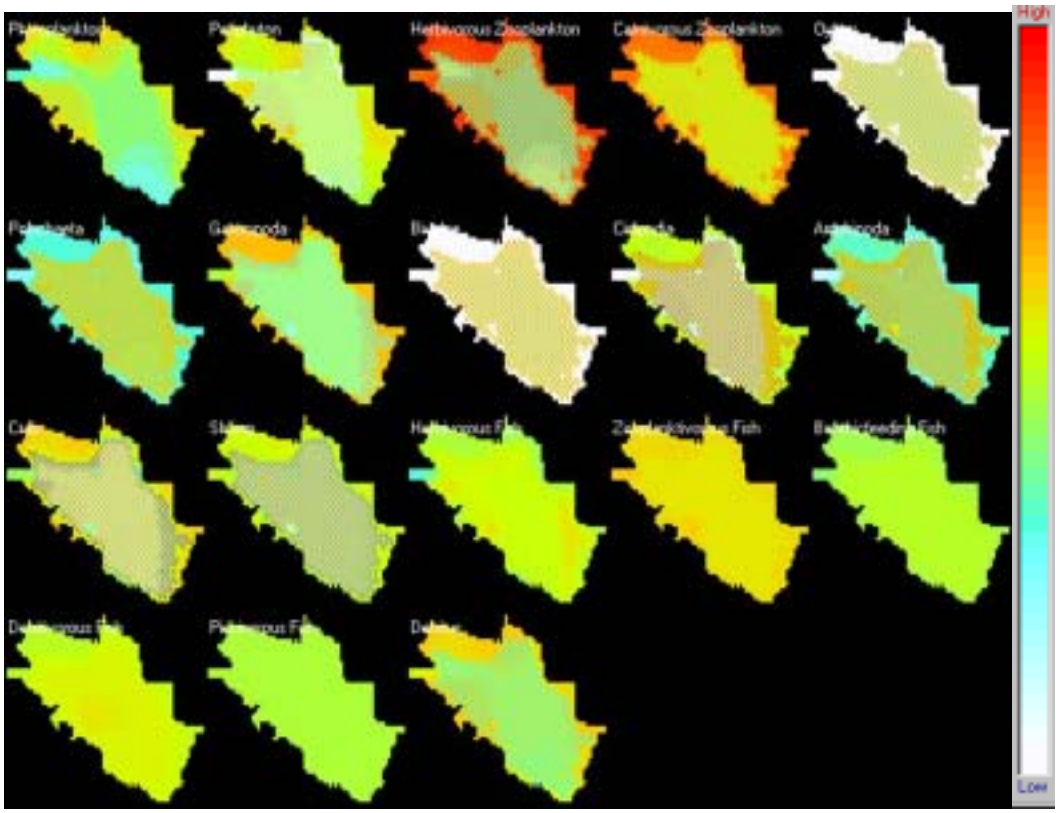
圖 11 大鵬灣 Lindeman 營養階層能量傳遞模式圖。P 代表初級生產者 (primary production)，D (detritus)代表碎屑，箭頭表示物質能量流向 (g WW m-2 yr-1)，方塊底部為呼吸量，向上箭頭代表輸出量。



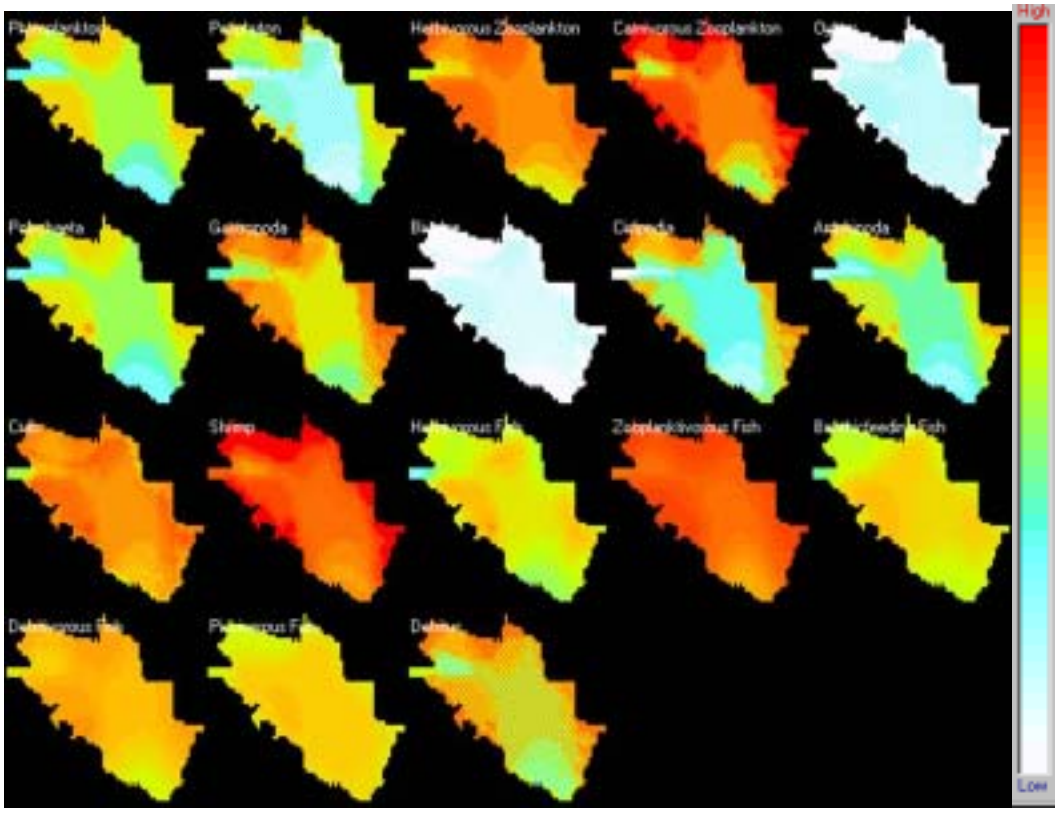
a 大鵬灣拆除蚵架前。



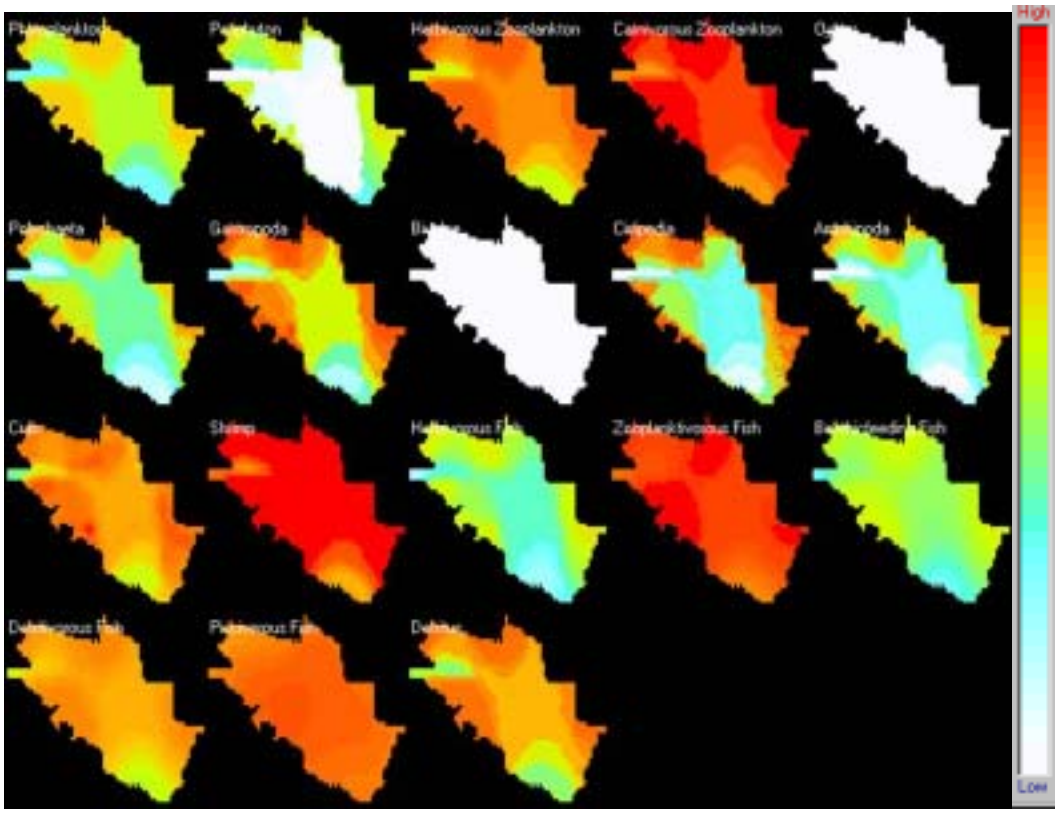
b 模擬大鵬灣第二年，準備拆除蚵架。



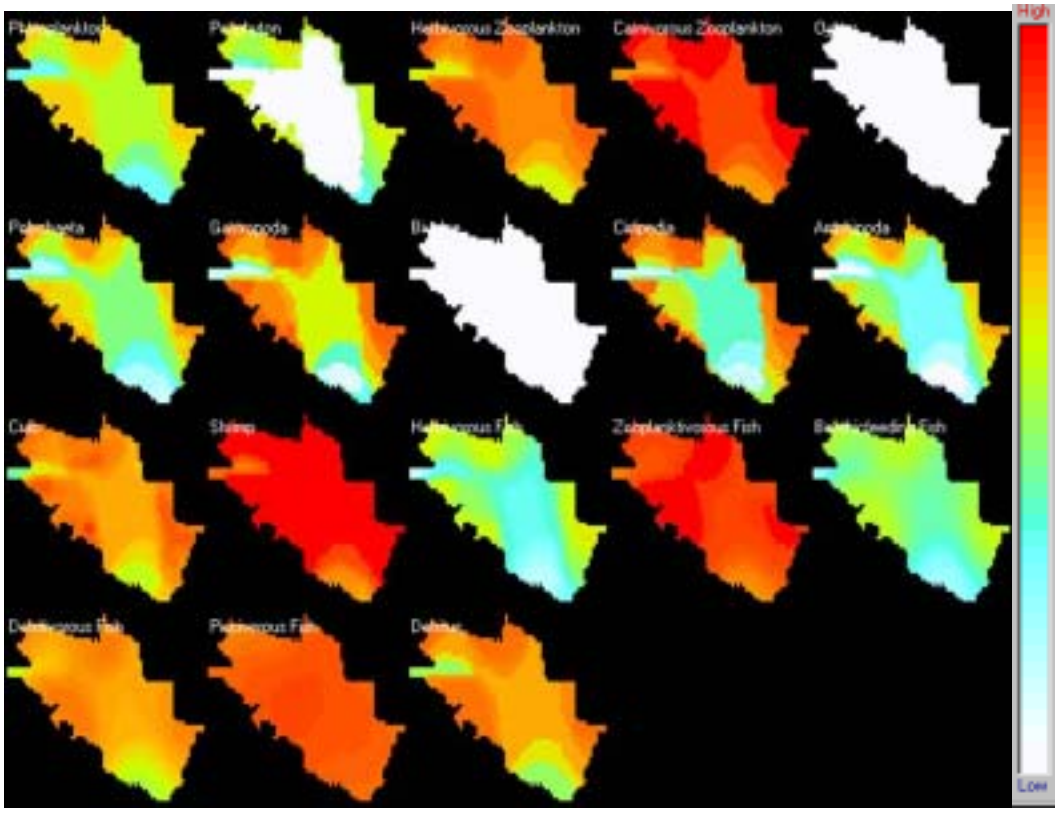
c 模擬大鵬灣第三年，拆除蚵架第一年。



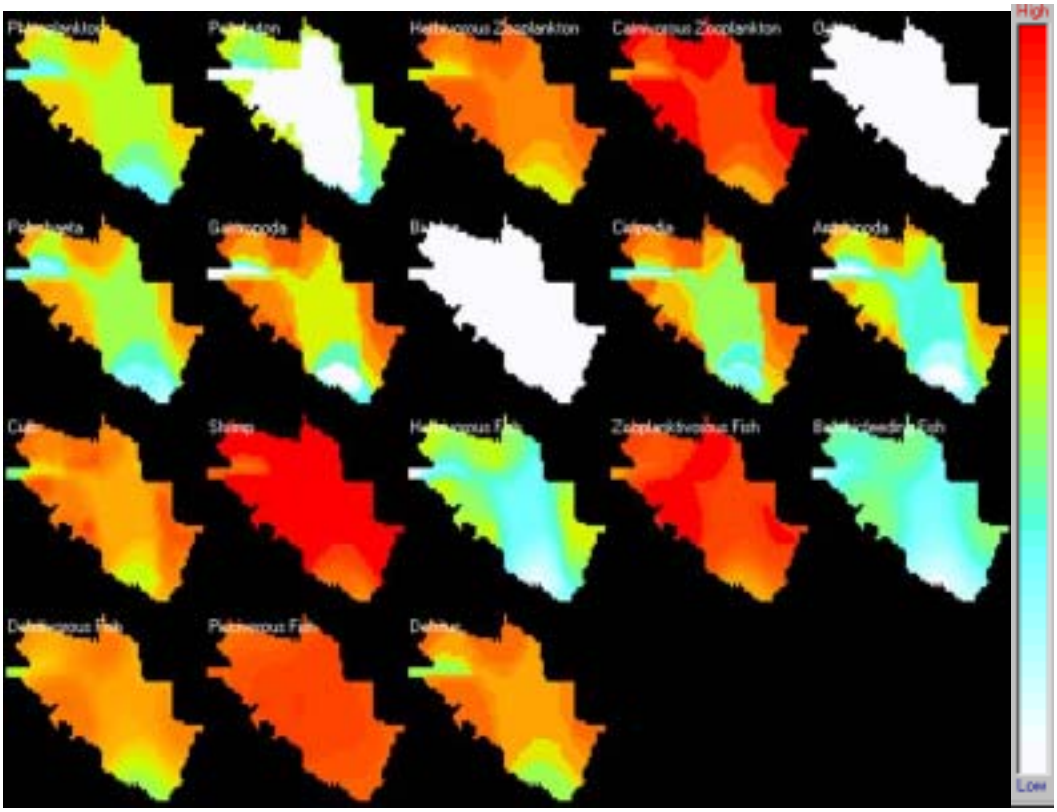
d 模擬大鵬灣拆除蚵架後 5 年之結果。



e 模擬大鵬灣拆除蚵架後 10 年之結果。

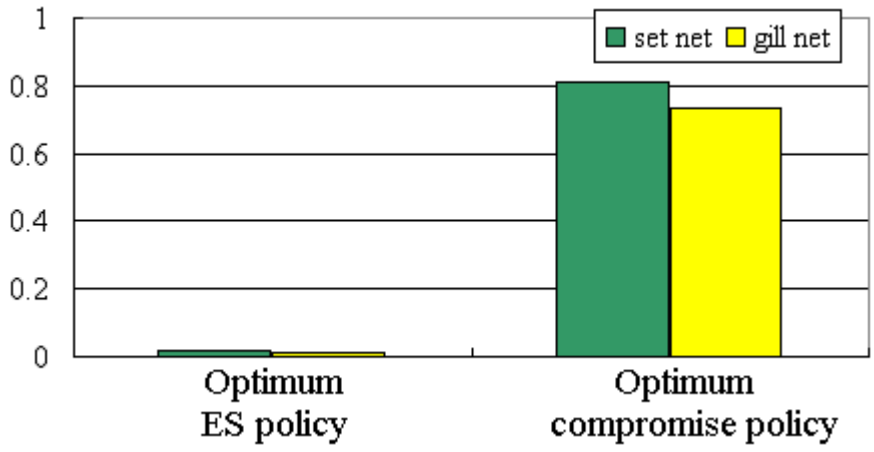


f 模擬大鵬灣拆除蚵架後 15 年之結果。

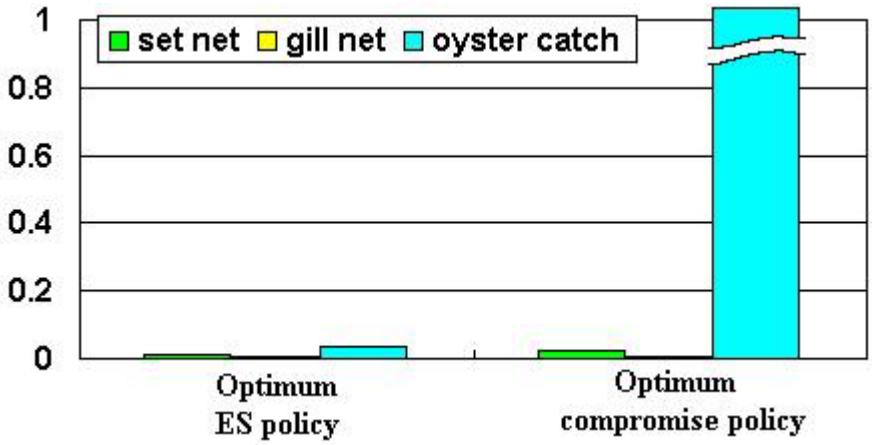


g 模擬大鵬灣拆除蚵架後 20 年之結果。

圖 12 大鵬灣生物群空間分布之變化。以顏色代表大鵬灣各生物群之相對生物量。紅色表示相對生物量高，白色表示相對生物量低。

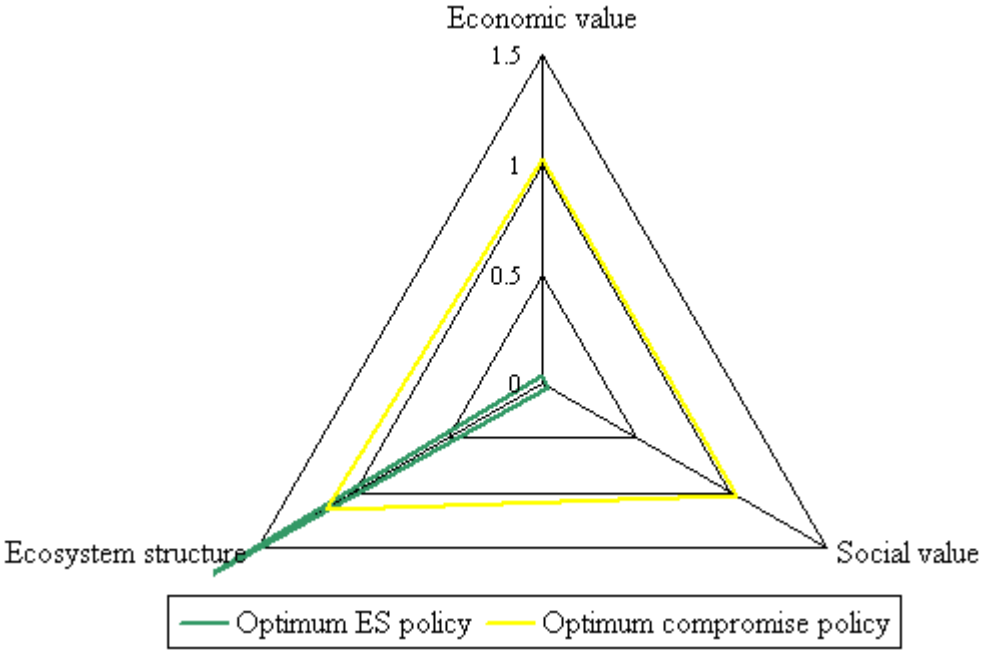


a 蚵架拆除後

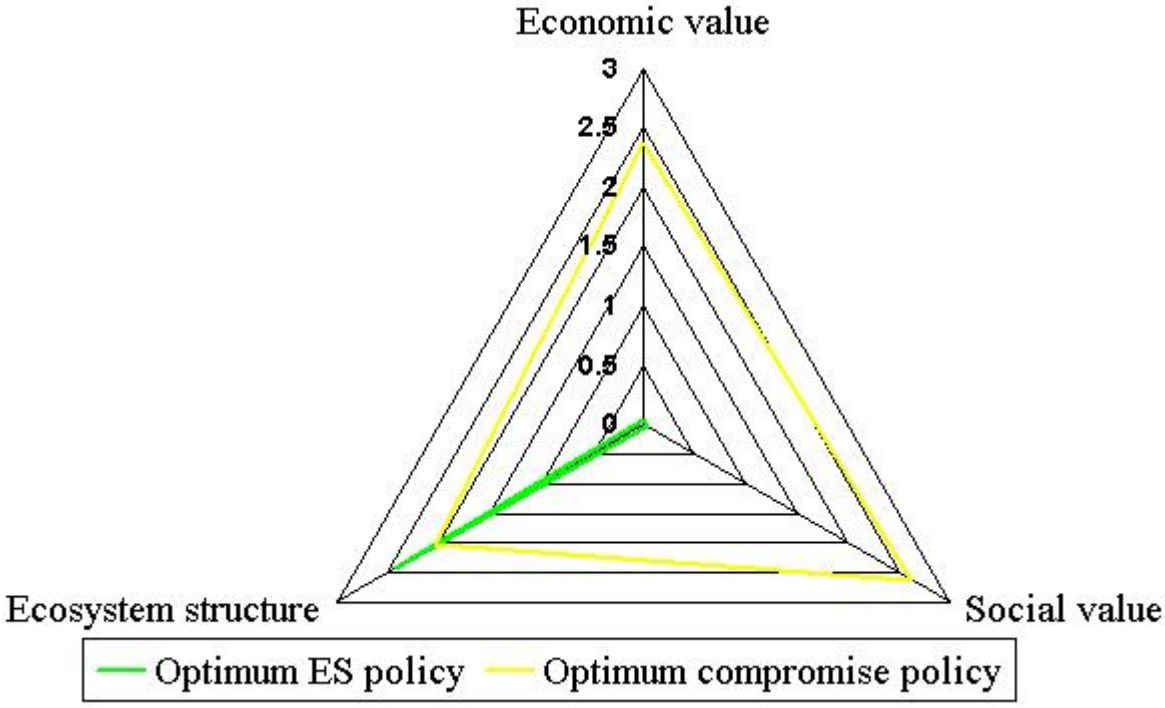


b 假設蚵架位拆除

圖 13 大鵬灣在”經營最佳生態結構”與”經營折衷”兩種策略下待袋網 (set net)與流刺網 (gill net)漁獲量以及牡蠣漁獲量之變化。



a 蚵架拆除後



b 假設蚵架位拆除

圖 14 在不同管理策略下，大鵬灣生態結構 (Ecosystem struture)、社會價值 (Social value)及經濟價值 (Economic value)之相對發展性。

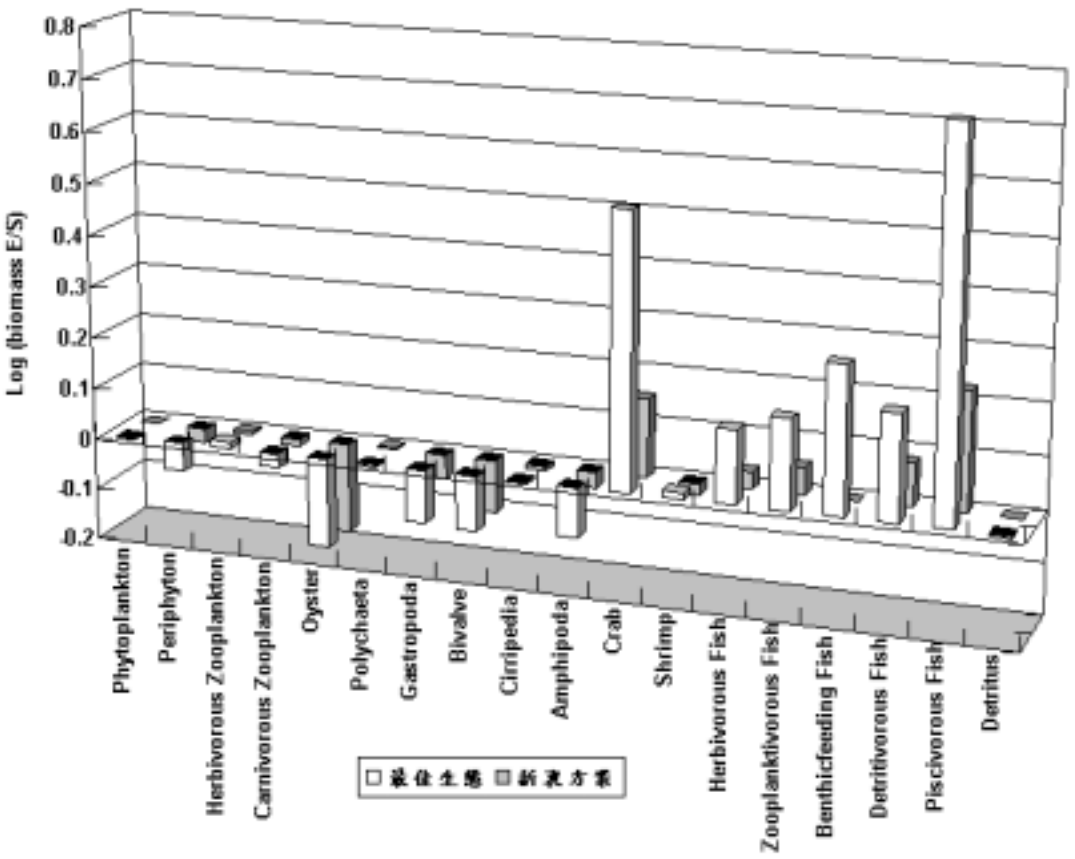


圖 15 在不同管理策略下，大鵬灣各生物類群生物量之變化，以模擬結果 (End, E)與開始 (Start, S)之比值取 log 表示。

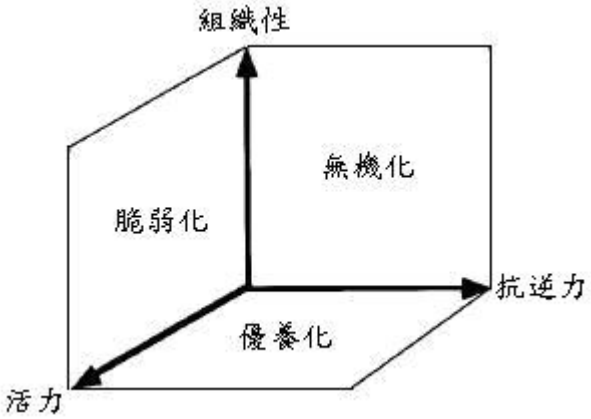


圖 16 衡量生態系健康程度的三個向度。而脆弱化、無機化及優養化分別為生態系缺乏某向度的結果。