

# 智能化養殖於石斑魚養殖產業發展策略之應用

## Study on the Application of Intelligent Farming in the Development Strategy of Grouper Aquaculture Industry

陳永茂<sup>1,2\*</sup>、郭加恩<sup>3</sup>

Young-Mao Chen<sup>1,2\*</sup>, Cham-En Kuo<sup>3</sup>

1.國立臺灣海洋大學海洋生物科技學士學位學程

2.國立臺灣海洋大學海洋中心

3.私立慈惠醫護管理專科學校護理科

Received 07 July 2019; revised 07 October 2019; accepted 15 October 2019; available online 28 October 2019

### 摘要

臺灣四周環海，漁業資源豐富，自數百年前即開展水產養殖漁業，水產養殖產業對於臺灣社會來說是一個非常重要的傳統經濟產業，它為臺灣的漁業經濟與養殖漁民生活帶來莫大之貢獻。1970 年代興起的石斑魚養殖產業即為一個最佳例證。基於水產養殖產業永續發展的願景，農委會推行「智慧農業 4.0」計畫，以「智慧生產」及「數位生產技術開發與應用」兩大面向，將農業從生產、行銷到消費市場系統化。在智慧化石斑魚模場設施養殖示範場域中進行「養殖環境監控與智能模組化設施」與「水產養殖聯網智能化系統整合發展與應用」試驗，以進一步探勘分析石斑魚養殖場管理及成本效率。智慧農業創新科技的投入可創造安全又便利的從農環境吸引更多年輕人力投入，使臺灣的石斑魚養殖產業邁向年輕化、活力化、具高競爭力的樂活永續智慧漁業。

**關鍵字：**石斑魚、水產養殖、永續發展、智慧農業。

### 1.前言

石斑魚產業繁養殖技術在臺灣的發展雖已臻於成熟，但傳統的養殖方式極易

受極端氣候之影響而導致災害損失；田間管理多依賴於漁民之經驗判斷，致使漁獲品質不穩定；以及養殖從業人力逐漸老化等諸多問題，已經成為石斑魚產業永續發展的隱憂。為能驅動石斑魚產業升級與優化，臺灣應積極推展智慧養殖石斑魚發展

---

\*通訊作者電子信箱：[ymc868@mail.ntou.edu.tw](mailto:ymc868@mail.ntou.edu.tw)

策略，以達成降低人力管理、改善品質與一致性、減少災害損失、改善環境控制與調節產量適應市場需求等智慧養殖漁業目標(林和林，2016)，以創造產業更大經濟效益。

臺灣四周環海，漁業資源豐富，自數百年前即開展水產養殖漁業，形塑了臺灣漁村特有的文化、社會與經濟風貌，同時傳承了根基深厚的水產養殖專業技術。水產養殖產業由淡水養殖晉升擴展到海水養殖，由戶外池塘養殖發展到室內設施養殖，養殖品種從普羅大眾美食到高經濟食材，如虱目魚、牡蠣、鰻魚、九孔、草蝦、石斑魚、烏魚等，具有非常豐富的多樣性。水產養殖產業對於臺灣社會來說是一個非常重要的傳統經濟產業，它為臺灣的漁業經濟與養殖漁民生活帶來莫大之貢獻。1970 年代興起的石斑魚養殖產業即為一個最佳例證，在 2012 至 2015 年期間，創造高達 70-80 億元新台幣的經濟峰值。依據聯合國糧農組織(FAO, 2018) (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 簡稱 FAO)之統計，2016 年，全球水產養殖產量(包括水生植物)總計 1.102 億噸，估測初次銷售額為 2,435 億美元，總產量中之養殖食用魚類產量包括 5,410 萬噸魚類，價值 1,385 億美元。水產養殖對全球捕撈和養殖總產量的貢獻逐步提升，從 2000 年的 25.7% 增至 2016 年的 47% (見圖 1)。水產養殖已成為世界上發展最快的年輕的食物生產領域，雖然自 2000 年起，全球水產養殖已不再保持 1980

年代和 1990 年代的高速增長(年增速分別為 10.8% 和 9.5%)。但水產養殖的增長速度仍然快於其他主要的食品生產部門，2001 至 2016 年，年均增速下滑至 5.8%。

魚和魚產品是營養物及微量營養素的寶貴來源，對多樣健康膳食具有根本性的重要意義，因而在保障全球營養和糧食安全方面發揮重要作用。而水產養殖產量支撐著供人類消費魚品供應量的持續顯著增長。1961-2016 年間，全球食用魚品消費量年均增速 3.2%，超過人口增速 1.6%，也高於全球陸生動物肉類消費量增速 2.8%。從人均上來看，食用魚品消費量從 1961 年的 9 公斤增加到 2016 年的 20.3 公斤，年均增長約 1.5% (見表 1)。由於魚類產量中供人類消費的比重越來越大，約 90%，其占比增加的驅動力將包括收入增加、都市化、魚類增產以及流通渠道改善

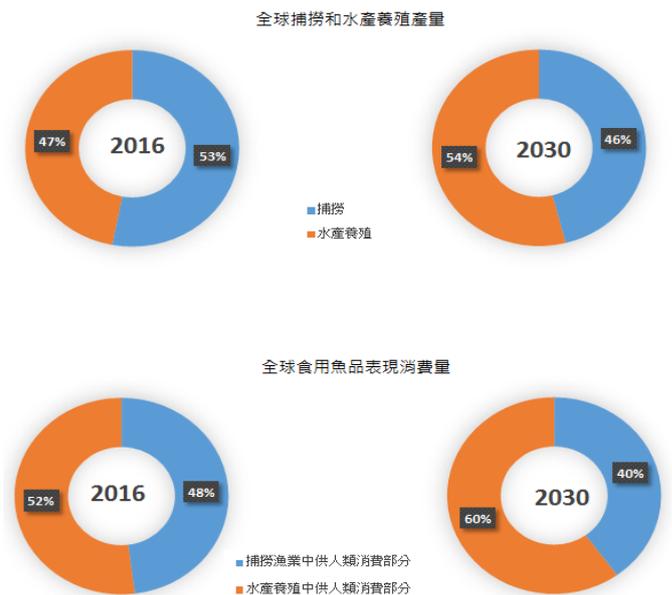


圖 1. 水產養殖發揮日益重要作用，資料來源：FAO (2018)。

等因素。故從人均來看，世界魚品消費量預計將從 2016 年的 20.3 公斤增加到 2030 年的 21.5 公斤。隨著水產養殖業不斷壯大，養殖魚類在人們膳食中的比重快速提高；2013 年是一個轉折點，水產養殖對於供給人類消費魚類數量的貢獻首次超越野生捕撈魚類。依統計結果顯示，2016 年養殖水產品在魚類食品消費總量中的比重為 52%，養殖品種在全球魚類食用消費中所佔比例將增加，到 2030 年達到約 60% (見圖 1)。

基於漁業和水產養殖所日益發揮之重要作用，聯合國(UN, 2015)致力於實現《2030 年永續發展議程》：「實現永續發展目標是所有國家和行動體的集體責任。這將依賴跨部門和跨學科協作、國際合作和相互課責，需要採取綜合、循證和參與式

方法解決問題、提供資金和制定政策。」臺灣漁業政策之制定亦基於實踐永續發展願景之目標而規劃，水產養殖產業是臺灣的重要傳統經濟產業，石斑魚是重要標的經濟魚種，其繁養殖技術結合生物科技因而讓石斑魚得以永續發展，在未來的產業永續發展途徑上，更應運用智慧科技生產成為氣候智能型農業，以提高生產率以及減緩和適應氣候變化。

## 2.石斑魚產業發展概況

臺灣石斑魚繁養殖產業之發展，啟始於香港飲食料理對石斑魚之高度青睞，初期是以香港為主要銷售市場，佔每年出口石斑魚產量之 80-90%。隨著中國大陸經濟之崛起，對高端飲食料理之追求，石斑魚成為中國大陸高級料理之重點食材，進

表 1. 世界漁業和水產養殖產量和利用量(百萬噸)

類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>產量</b>						
捕撈						
內陸	10.7	11.2	11.2	11.3	11.4	11.6
海洋	81.5	78.4	79.4	79.9	81.2	79.3
<b>捕撈總計</b>	<b>92.2</b>	<b>89.5</b>	<b>90.6</b>	<b>91.2</b>	<b>92.7</b>	<b>90.9</b>
水產養殖						
內陸	38.6	42	44.8	46.9	48.6	51.4
海洋	23.2	24.4	25.4	26.8	27.5	28.7
<b>水產養殖總計</b>	<b>61.8</b>	<b>66.4</b>	<b>70.2</b>	<b>73.7</b>	<b>76.1</b>	<b>80</b>
<b>世界漁業和水產養殖總計</b>	<b>154</b>	<b>156</b>	<b>160.7</b>	<b>164.9</b>	<b>168.7</b>	<b>170.9</b>
<b>利用量</b>						
人類消費	130	136.4	140.1	144.8	148.4	151.2
非食用	24	19.6	20.6	20	20.3	19.7
人口(10 億)	7	7.1	7.2	7.3	7.3	7.4
人均表觀消費量(公斤)	18.5	19.2	19.5	19.9	20.2	20.3

資料來源：FAO (2018)

而成為石斑魚之主要大宗消費市場。臺灣石斑魚出口大宗市場轉變成以中國大陸市場為主，香港市場為次的狀況，迄今為止仍維持此種狀態，其他次要出口國家包括有日本、美國、泰國、新加坡、馬來西亞、越南、菲律賓等(見表 2)。中國大陸與香港二個市場佔石斑魚出口總量約 99%，其中中國大陸市場約佔 70-80%，香

港市場佔 25% 左右。早期消費市場石斑魚種以青斑(Orange-spotted grouper)和龍膽石斑(Giant grouper)為主力，藍身大斑石斑魚(Potato grouper)、豹紋鰓棘鱸(Leopard coral grouper)、赤點石斑魚(Hong Kong grouper)、雲紋石斑(Longtooth grouper)等高價石斑魚在中國大陸消費市場亦頗受消費者喜愛。在人工培育之新品種石斑魚

表 2. 2003-2018 石斑魚出口國家別貿易量表

單位：公斤

國家	年度							
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
日本	600	3,495	8,459	2,870	9,847	12	13	384
美國	4,816	4,320	25	1,028	-	-	-	48
泰國	340	642	605	1,154	1,259	-	27	52
香港	237,994	374,942	195,956	158,043	107,549	1,834,183	4,156,308	3,774,164
中國大陸	-	286	-	350	160	-	120	4,159,302
新加坡	9,865	5,692	3,857	2,198	1,359	373	120	1,654
馬來西亞	17,489	9,799	4,599	13,232	6,902	2,801	3,170	9,539
越南	-	9,262	25,935	25,417	9,163	2,573	8,216	11,350
菲律賓	50	120	23	148	-	-	-	-
其他	9,869	101	492	30	25	140	27	1,354

國家	年度							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
日本	550	607	48,767	34,473	26,525	47,396	54,868	40,744
美國	8,928	257	425	1,168	8,352	25,591	35,970	6,169
泰國	793	491	-	404	-	624	565	1,089
香港	1,518,486	3,141,027	3,435,721	3,609,690	3,504,230	3,209,692	3,774,060	3,891,011
中國大陸	7,876,760	12,310,630	14,245,481	1,4365,316	13,527,770	10,357,327	10,074,794	12,189,705
新加坡	812	745	1,063	1,168	7,357	29,824	17,161	29,690
馬來西亞	26,410	1,808	22,720	312	240	4,643	2,219	2,465
越南	15,945	10,430	9,647	18,836	17,312	16,393	27,666	21,617
菲律賓	1,234	561	94	348	238	23,177	29,268	-
其他	482	523	5,339	1,943	2,650	7,553	6,310	949

資料來源：漁業統計年報，本文整理。

方面，近年來龍虎斑(TigerGG grouper)成為市場與養殖產業重點魚種，其結合老虎斑及龍膽絢麗的外表，具有兩者的優點，肉質鮮甜滑嫩似虎斑，成長快速似龍膽。在 6 公斤以前，成長速度不輸龍膽，5 吋之越冬苗，半年即可達 1.5 公斤，較親代抗病力強，擁有雜交優勢，遂成為近年來之另一強勢石斑魚種(于, 2018)。石斑魚養殖產業之發展，其龐大的經濟潛力為養殖業者與周邊相關產業創造龐大的經濟效益，臺灣因早期即掌握種苗量產與繁養殖等創新關鍵技術，曾經開創臺灣石斑魚養殖產業的國際龍頭地位與創造市場競爭力。中國大陸政府著眼於石斑魚之高經濟價值，一直積極輔導國內研究與繁養殖石斑魚，並利用優惠政策吸引臺灣養殖業者前往中國大陸投資養殖，在政策的帶動下，使得近十幾年來，中國大陸石斑魚養殖產業蓬勃發展。近年因中國大陸本身繁養殖技術日趨成熟，其國內產量大提昇，內需供給能力亦隨之增加，導致臺灣出口至中國大陸市場的石斑魚供應量產生逐年遞減之現象。此現象體現於臺灣石斑魚銷售過度依賴於中國大陸市場，極易造成市場價格不穩定以及魚貨滯銷。

從產業經濟發展的觀點來看，2003 年以後，中國大陸石斑魚年產量的統計資料開始登錄於聯合國糧食及農業組織(Food and Agriculture Organization of the United Nations，簡稱 FAO)，並首次超越臺灣的年產量成為世界第一，之後，其年產量逐年增長，從 2003 年的 23,453 噸增長至 2016

年的 108,319 噸，占全球年產量 70% 的比例(見圖 2)，在這十幾年期間其石斑魚產量增幅則增加了超過 400%。臺灣的石斑魚年產量雖然退居第二位，但從 2003 年的 11,564 噸到 2016 年的 20,479 噸，占全球年產量的 13%，在可養殖面積狹小的情況下，也創造逾 80% 的增幅；石斑魚年產值則從 20 億元新臺幣大幅增長至 70 億元新臺幣，為臺灣漁村社區居民、社會，提供工作機會與穩定生活，做出巨大經濟效益之貢獻。全球(包含臺灣與中國大陸)的石斑魚年產量在 2003 年到 2016 年的十幾年期間，從 49,476 噸增長至 154,011 噸(FAO, 2018) (見圖 3)，其增幅超過 3 倍。從過去到現在，養殖石斑魚產業發展的期間，全球、臺灣與中國大陸的養殖石斑魚的年產量與年產值幾乎都呈現正增長的趨勢(見圖 3)。其產值從 2003 年的 208,107 千美元大幅增長至 2016 年的 656,985 千美元，增幅達 300%。臺灣在最近幾年的養殖石斑魚年產值創造超過 70 億元新台幣，達到一個經濟效益新顛峰，為國家經濟和漁民的個人經濟創造了莫大的經濟利益。石斑魚年產量年年增長，消費量亦是呈增長趨勢，彰顯出人類對食用石斑魚之喜好，與其龐大之市場消費經濟潛力，而這是吸引各國競相投入石斑魚養殖產業的重要驅動誘因。

臺灣的養殖石斑魚以出口為主，出口數量約佔年產量的 70-80%，這其中的 99% 銷往中國大陸(包含香港地區)。因此，中國大陸是臺灣養殖石斑魚出口的最大消

費市場。但是因為臺灣與中國大陸之間幾十年來敏感的政治情勢，使得石斑魚的運輸和銷售過去長期處在一種非法經濟活動的狀態，直到 2010 年臺灣與中國大陸正式簽署「海峽兩岸經濟合作架構協議」(Economic Cooperation Framework Agreement, 簡稱 ECFA)，將石斑魚列入「早期收穫清單」後，才終於解除這種非法海上經濟活動階段，邁入兩岸石斑魚貿易關係制度化的合法經濟階段。

由於長期的兩岸政治情勢緊張，兩岸政府的一些管制政策，導致了經貿制度無法正常化之限制與障礙。在臺灣，中華民國經濟部於 1993 年 4 月 26 日頒佈「臺灣地區與大陸地區貿易許可辦法」，其中第五條規定：臺灣地區與大陸地區貿易，得以直接方式為之；其買方或賣方，得為大陸地區業者。但其物品之運輸，應經由第三地區或境外航運中心為之。此條款已於 2008 年 12 月 12 日刪除，因為 ECFA 的簽署，已消除了此條款的限制因素。而 ECFA 則是海峽兩岸雙方同意，本著世界貿易組織(WTO)基本原則，考量雙方的經濟條件，逐步減少或消除彼此間的貿易和投資障礙，創造公平的貿易與投資環境；透過簽署「海峽兩岸經濟合作架構」，進一步增進雙方的貿易與投資關係，建立有利於兩岸繁榮與發展的合作機制(中華民國行政院大陸委員會, 2010)。在中國大陸方面，中國大陸對外貿易經濟合作部及海關總署於 1993 年 9 月 25 日發佈「對臺灣地區小額貿易的管理辦法」，將兩岸船隻

以貨易貨或金錢買賣的小額交易行為正式納入規範。這種對於石斑魚產業經濟活動的管制，主要為政治上之考量，因為在「對港澳地區轉口貿易三項基本原則」(1985.7.4 頒佈)中規定：(1)禁止與中共直接通商；(2)廠商不得與中共機構或人員接觸；(3)對轉口貿易不與干涉。由於上述管制政策之實施，直接或間接地都造成石斑魚養殖和銷售渠道的困難、成本的增加、

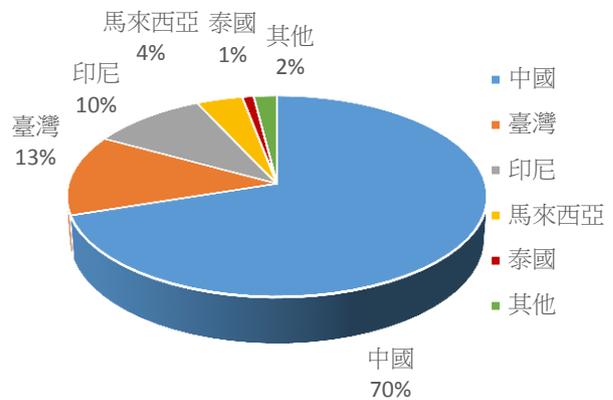


圖 2. 2016 年全球石斑魚養殖產量各國占比。  
資料來源：FAO (2018)，本文整理。

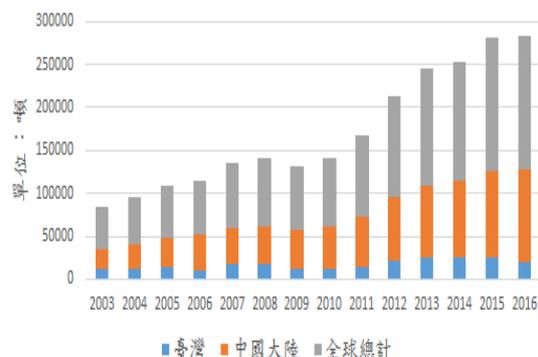


圖 3. 2003-2016 年臺灣、中國大陸和全球石斑魚產量趨勢圖。

資料來源：FAO (2019)，本文整理。

與利潤的減少，這些因素迫使養殖業者和販運商轉往運輸成本較低、可獲得較高利潤，但是風險也相對較高的海上非法交易渠道發展。換句話說，政治情勢與管制政策是造成兩岸石斑魚貿易關係無法制度化的非常重要之關鍵障礙因素。在當時，中國大陸對臺的「小額貿易」的交易項目大多集中在水產品的買賣，次則為農產品的交易。據中國大陸官員評估，在 1990 年至 1992 年的三年期間，水產品的交易金額均維持在全部「小額貿易」交易金額(每船次交易金額十萬美元)的百分之八十左右；而農產品交易金額所佔比例僅為百分之二十。水產品交易最主要地區，從浙江舟山、象山至福建省三沙、平潭、晉江、廈門、東山，向南延至廣東汕頭及海南島等地。主要交易魚種為黃魚、海蝦、嘉臘、鳳螺、文蛤、石斑魚、鎖管、鰻魚等。「小額貿易」並非完全是「我買他賣」的交易行為，而是海峽兩岸在水產品的交易供需上，形成了一種緊密的互補和互通有無的關係(成和曾, 1995)。由此可知，石斑魚在海峽兩岸經貿關係未制度化之情形下，無可奈何地必須經由「小額貿易」的管道才能完成交易的工作，這應該也是造成臺灣石斑魚養殖業者和販運商無法掌控通路權與銷售權的重要貿易限制因素之一。

ECFA 搭起了兩岸直接通航、通商促使經貿關係制度化的橋樑，可視為促進臺灣石斑魚產業永續發展的一個重要里程碑。但是，中國大陸方面近年來積極的發展石斑魚繁養殖技術和扶植產業發展，除

在其國內大量挹注資金進行試驗研究工作之外，經由兩岸 ECFA 的簽署，更是一方面積極招攬臺灣優質石斑魚養殖人才前往中國大陸投資，另一方面則建設漁業園區，以完善的設備、優渥的條件吸引臺灣養殖業者前往投資。中國大陸在石斑魚產業的策略目的，無非就是要迅速地吸收臺灣經驗與技術，以更快速地提升其石斑魚之養殖技術與促進產業升級，而以近年來其石斑魚產業的表現來看，中國大陸政府的政策已達成其輔導產業發展的策略目標。但是，臺灣在簽署 ECFA 之後，由於中國大陸石斑魚的爆量增產，在未嘗到經貿制度化所帶來的甜美果實時，卻先遭遇供貨和價格機制完全掌握在中方的苦果。詹滿色(2016)教授指出，受到中國大陸政府 2012 年底頒佈禁奢令的影響造成對高價石斑魚消費市場的打壓，中國大陸市場對臺灣石斑魚的需求量顯著降低，平均約下降 27.76%；並且，石斑魚的國內消費批發市場與出口市場有顯著替代關係，需求量受前一期國內價格的影響，禁奢令實施後顯著提高國內消費批發市場交易量 76.56%，間接促使國內交易價格的下跌，導致臺灣石斑魚市場價格顯現崩盤現象。這是在 ECFA 政策制定過程中，臺灣方面的政策制定者未周全考慮之處，即臺灣對於中國大陸市場的過度依賴，在未有備選方案的情況下，立即遭遇的貿易障礙。諸如此種情況，政策制定者於未來之產業發展政策制定時，應立基於全球化市場，勿過度依賴單一市場，並應

思考如何調整政策手段或工具以更契合政策之運作，以達成實踐政策最佳效能之目的。在 ECFA 簽訂的這幾年來，由於國際消費市場瞬息萬變，隨著競爭者的增加與繁養殖能力之增強，臺灣石斑魚養殖產業面臨產業永續發展、疫病防治、突破市場經營困境、人才短缺與適應氣候變遷等等議題。由此觀之，政府在促進石斑魚養殖產業未來永續發展層面上，其政策制定應著眼於朝向支持提高生產率、減緩和適應氣候變化、節能減工以及實現永續產業發展的創新產業政策規劃，結合智慧科技，鼓勵以友善生態環境之養殖方式來提昇魚品品質，以提昇國際競爭力，創造更佳之養殖產業潛力，讓臺灣未來的石斑魚養殖發展邁向智慧型永續發展產業。

### 3. 水產養殖業面臨之問題

水產養殖在魚品營養物供給、糧食安全、經濟利益等方面發揮著日益重要的作用，其治理問題也受到國內與國際間之重視，並且朝向永續發展治理目標邁進。糧農組織(FAO, 2010)曾經提出，「水產養殖管理在許多國家依然是一個問題，依然有：(1)海洋地點衝突；(2)爆發病害；(3)在一些國家，公眾對水產養殖有消極看法；(4)小型生產者無力滿足外國消費者的質量要求等。」臺灣的石斑魚養殖產業雖然掌握完全繁養殖關鍵技術，但在經營發展層面仍然面臨著疫病問題、魚苗育成率低、種魚培育以及養殖環境惡化等挑戰。吳等人(2019)《對福建石斑魚產業發展形

式分析》中指出中國大陸各地石斑魚產業仍面臨育苗水準不高、養殖病害較嚴重的挑戰。究其原因為行業內無規範化處理，缺乏統一標準、進入產業門檻低，導致市場上的苗種品質參差不齊。臺灣在行業內擁有水產種苗協會、各地區漁會以及產銷班等組織規範漁民，給予養殖業者必要之協助與輔導，同時也能解決臺灣小農(漁)單打獨鬥之產銷窘境。

除了上述行業內經營之挑戰，水產養殖作為保障糧食安全的重要角色，未來永續發展要面臨的最大挑戰卻是氣候變遷。2009年8月的莫拉克風災(八八風災)重創臺灣南部養殖重鎮，水漫養殖專業區，導致魚池內之魚隻到處漂流，養殖業者損失慘重；2016年1月帝王級寒流，寒潮帶來的超低溫導致養殖魚群大量暴斃，亦造成養殖業者之血本無歸。全球暖化所帶來的極端氣候變化，已是全球非常關注保障糧食安全的重要議題，亦是水產養殖業永續發展途徑上必須面臨的重大挑戰。FAO (2018)指出氣候智慧型農業(Climate-smart agriculture, CSA) (包括水產養殖和魚菜共生)開始用於幫助確定在氣候變化條件下實現可持續農業發展並保障糧食安全所需具備的技術、政策和投資條件(FAO, 2017a; 2017b)。氣候智慧型農業支持高生產率以及減緩和適應氣候變化雙管齊下。因此，氣候智慧型農業逐漸成為能夠增加水產養殖產量同時避免對可持續性造成不利影響的替代和創新方法。智慧養殖漁業逐漸顯示其重要性。

因此全球許多養殖重要國家如日本、美國、挪威、中國大陸等正積極研發透過智慧系統來從事養殖漁業產銷的必要技術和工具(林和林, 2016)。

#### 4.未來水產養殖產業趨勢—智慧農業

因應全球人口不斷增長之趨勢，糧食需求將面臨倍增的壓力，同時在氣候變遷所導致的極端氣候日趨嚴重的困境下，糧食供應短缺及糧價上升無可避免，再加上近年來臺灣從農人力老化嚴重及少子化的影響，從事農業人力大幅短缺，農業生產力受到相當衝擊；且受限於我國自然環境限制，農業生產成本偏高，面臨之國際競爭壓力極大。若擬提升農業生產力並增強競爭力，則必須強化產業結構調整及科技研發創新。為了提升農業整體生產力之重大發展課題，在生產與永續發展間取得平衡，推展智慧農業計畫，是當前國際大勢之所趨。行政院農委會推動中的「智慧農業 4.0」計畫定位為「智慧生產」及「數位生產技術開發與應用」兩大面向，涵蓋蝴蝶蘭產業、種苗產業、菇類產業、稻作產業、農業設施產業、養殖漁產業、家禽(水禽)產業、溯源農產品產業、生乳產業、海洋漁產業等 10 項領航產業。從人、資源及產業三方面進行優化，透過「以智農聯盟推動智慧農業生產技術開發與應用」、「建置農業生產力知識及服務支援體系，整合資通訊技術打造多元化數位農業便捷服務及價值鏈整合應用模式」及「以人性化互動科技開創生產者與消費者溝

通新模式」等策略，將農業從生產、行銷到消費市場系統化。期透過智能生產及智慧化管理，突破小農單打獨鬥的困境，提升農業整體生產效率及量能；再藉由巨量資訊解析產銷供需求，建構全方位農業消費與服務平臺，提高消費者對農產品安全的信賴感。

綜觀國內外水產養殖業生產發展之階段性演進，從過去以勞力與經驗密集確保基本產出，生產規模小，抗天災能力差的養殖 1.0 階段，邁入講求技術密集、機械密集配合設施改良與及集約化養殖以追求產量最大化的養殖 2.0 階段，直到近年有少數運用知識密集與自動化密集而要求效能與品質的養殖 3.0 階段。目前臺灣之傳統水產養殖方式多數仍是露天魚塢養殖，易受近年從農人力老化、極端氣候變化、疫病等養殖生產風險之影響，且水產養殖過程多依賴人工長時間操作管理，導致人力、用電、用水、飼料等養殖成本一直佔極高比例。再者，傳統養殖漁業的養殖魚塢中環境、生物參數訊息大多透過養殖人員經驗判斷，無論是魚塢環境、水質、水色、魚體狀態等等都十分依賴經驗準則，因而產生養殖經驗無法大規模傳承複製之問題(林和張, 2017)。現今，透過運用感測技術(Sensing Technology)、資通訊技術(ICT)、物聯網(IoT)、大數據(Big Data)等技術及專家系統逐漸導入農務，以更有效率、更智慧化的方式提升農業生產力並降低農業的不可預測性，而此一農業進化模式也就逐漸被定調為智慧農業(劉，

2018)。智慧漁業 4.0 的概念即運用物聯網整合與大數據分析技術，串連領導廠商之產銷需求，研發養殖環境智慧感測元件、魚病感知預測支援決策、智慧化節能省電養殖系統等先進自動控制之輔助，建構具防疫隔離功能之繁養殖智能模場化養殖設施，進行健康優質魚苗培育與養成，以協助傳統水產養殖業朝向生產自動化、管理智能之科技化發展，提升生產效率。同時達到節水、省工與產能調節及計畫性生產效果，最終能以模場整場方式推廣至民間業者，使智能化養殖成為未來臺灣養殖漁業的主流。林彥宏與林志遠(2016)分析國內外 11 家智慧養殖漁業產業代表性案例的結果指出，養殖業者意欲創造理想的營運績效，主要關鍵在於，必須傾全力將養殖環境維持於高品質，以及設法降低營運成本。而隨著物聯網技術的發展，已讓過往與高科技不相關的水產養殖業，開始有機會與「智慧」二字緊密結合；透過智慧感測、智慧控制等新興技術，已有業者發展出智慧水產養殖系統，其蘊含了資料或圖像的即時採集、無線網路傳輸、智慧運算及預測、預警資訊的發送，以及輔助決策等眾多功能於一身，藉由對水質參數的檢測、相關數據的傳輸、資訊的智慧運算，以及最重要的智慧化自動控制功能，藉以大幅提升水產養殖的管理效率。例如晟福科技公司所研發製智慧養殖系統，養殖業者可利用 3G 智慧型手機監視魚塢的機組運作狀況，掌握魚塢的打水設備機組運作狀況及遠端啟停、台電臨時停電遠端啟動

發電機組供電、遠端調節各魚塢之酸鹼值比例等(林和林, 2016)，業者不但能減少人力成本，有更充裕的時間規劃其他工作；在田間管理方面也更加智慧化與科技化，使漁獲品質更優、維持品質穩定。

未來的水產養殖產業朝向智慧化養殖，以提高魚品品質及產銷管理效率，是全球的永續發展趨勢。國內，水試所已針對智慧化養殖技術進行研發，其研發計畫針對產業部分涵蓋石斑魚、淡海水吳郭魚、淡海水虱目魚、鱸魚、蝦蟹類、貝藻類、魚菜系統、海洋箱網養殖等。並在水試所知石斑魚模場設施養殖示範場域中進行「養殖環境監控與智能模組化設施」與「水產養殖聯網智能化系統整合發展與應用」試驗，透過養殖參數資料收集、專家決策建議導入資料庫與回饋應用分析，累積養殖經驗資訊化、記錄數位化以及操作流程視覺化，配合即時同步進行水質分析、餌料投餵、水電監控測試驗證等，以進一步探勘分析石斑魚養殖場管理及成本效率(林和張, 2017)。

## 5. 結論

智慧農業創新科技的投入可造福農漁從業人員不必再看天吃飯，落實糧農組織之氣候智慧型農業永續發展目標，創造安全又便利的從農環境吸引更多年輕人力投入，使臺灣的石斑魚(水產)養殖產業邁向年輕化、活力化、具高競爭力的樂活永續智慧漁業。

## 6. 參考文獻

于乃衡主編 (2018) 臺灣繁養殖魚介貝類。水產種苗協會，高雄。

中華民國行政院大陸委員會 (2010) 海峽兩岸經濟合作架構協議文本。  
<http://www.mac.gov.tw/ct.asp?xItem=85504&ctNode=6409&mp=1>

成之約、曾憲郎 (1995) 〈中共對台「小額貿易」的探討〉。空大行政學報 4：95-114。

吳斌、李苗苗、林國清、鄭樂雲、樊海平、丁少雄、陳由強、尤穎哲、王萬冬、王孟華 (2019) 對福建石斑魚產業發展形式分析。水產種苗 253：13-18。

林志遠、張致銜 (2017) 智慧農業 4.0—養殖漁產業之研究現況。水試專訊 60：14-19。

林彥宏、林志遠 (2016) 全球智慧養殖漁業產業代表性案例研究。智慧農業 48：35-42。  
<http://www.intelligentagri.com.tw/Home/Article/2155>

詹滿色 (2016) 臺灣石斑魚產銷及價格分析。海大漁推 46：33-46。

漁業統計年報 (各年度) 行政院農委會漁業署。  
[https://www.fa.gov.tw/cht/Publications/index\\_L3\\_1\\_1.aspx](https://www.fa.gov.tw/cht/Publications/index_L3_1_1.aspx)

劉宥衫 (2018) 走在農業智慧化的路上，美日先進國家之發展構想與期望達到之效益。產業動態 SNG 41(11)：119-126。

FAO (2010) The State of World Fisheries and Aquaculture 2010. FAO, Rome.

FAO (2017a) FAO Strategy on Climate Change. FAO, Rome.

FAO (2017b) Climate-smart Agriculture [online].

[Cited 30 October 2017].

<http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/overview>

FAO (2018) The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. FAO, Rome.

FAO (2019) Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch. 2019.05.15.  
<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/zh>

UN (2015) Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York, USA.

