



海洋牧业的理论与实践

曾呈奎 徐恭昭

(中国科学院海洋研究所)

海洋牧业 (Ocean Ranching), 有人称海洋生物增殖业, 虽然历史很短, 却已显示出广阔的前景与旺盛的生命力, 并将在未来的水产品生产中起着日益重要的作用。采取海洋牧业这一方式开发利用生物资源, 既可以达到人为地控制种群数量, 又可定向选择食物链级次较低的种类来进行人工补充其后代, 或移殖优良品种使其定居, 以致逐步在某一生物群落中占据优势。这样就能高效利用水域的初级生产力, 将某一海区终极水产品的产量成倍或几倍甚至十数倍地提高。

海洋水产生农牧化的意义、内容与进展, 作者等已在有关著作中作了评述与讨论。本文着重讨论海洋牧业的理论基础, 评述一些典型例证, 并谈谈今后发展的总趋势。

一、海洋牧业的理论基础

海洋牧业, 既不同于海洋捕捞业, 也不同于海洋养殖业; 它是两者的结合, 是既利用自然资源及水域生产潜力, 又采取人工繁殖种苗, 降低早期死亡率, 使种群的补充得以保证, 最后再进行捕捞生产等一系列过程的海洋生物资源开发利用管理的新系统。通俗地讲, 就是采用人工繁殖苗种, 经过中间饲养和放流, 提高成活率, 利用海中天然饵料生长发育, 最后进行合理捕捞的海洋生物资源开发利用的新系统。

近百余年来, 世界海洋生物资源开发利用的历史, 主要是大力发展捕捞海产品的历史。它的依据是, 海洋占地表71%, 初级生产力约等于或稍高于陆地。与陆地相比海洋仍处于开发利用初期阶段, 可自行增殖的生物资源丰富, 捕不尽, 用不竭。在这一认识下, 水产生脱离不开“靠天吃饭”。捕捞渔业发展的历史也表明, 捕捞强度越高, 捕捞过度现象日益频繁, 过程越短, 资源衰退越严重。长期加强捕捞的结果, 某一种鱼业的单位产量下降、渔获个体变小、高龄鱼消失, 产生了生产性捕捞过度或称第一级捕捞过度。进而引起卵子、仔、稚鱼和幼鱼数量下降, 资源整个补充过程各个环节的质与量降低, 种群在生物群落中地位下降, 空间为竞争者所占领, 饵料基础为其它种类所用, 造成了生物学捕捞过度 (或称第二级捕捞过度)。为了改变这一状况, 科学家们提出的第一个理论是“最适渔获量理论” (The Theory of Maximum Sustainable Yield)。这一理论的中心内容就是确定某一种下群 (Subpopulation, Race) 中亲鱼数量究竟应保留多少才能保证不致产生捕捞过度, 特别是如何避免生物学捕捞过度。这一理论成了国际间渔业资源保护与管理的基础与准则。

渔业生物学与生态学的研究表明, 单纯依靠捕捞定额确定应保持的最低亲鱼数量, 并不能保证资源的补充达到令人满意的程度。因为从卵子排出、受精、孵化发育到幼鱼阶段的死亡率极高。据估计, 一尾雌鲈鱼一次排出卵子50万粒, 经过受精、孵化发育至第62天, 成活下来的稚鱼仅20尾, 到85天后, 成活下来的只有2尾了, 成活率仅百万分之四。因此, 某一种下群的补充量, 波动幅度极大, 往往可达数倍、十数倍或数十倍。资源的补充量既与亲鱼数量、捕捞因素有

关,也受到整个补充过程中海洋物理、化学和生物学等过程的严重影响。因而促进了“单位年补充量的可捕量”理论(A Theory on the Maximum Catch per Annual Recruitment)的产生与形成。这一理论的中心内容是以资源的补充为基础,研究资源补充与种群数量关系,确定如何从单位年补充量中获得最高渔获量。

从上述可见,这两个理论都只是在认识种群数量自然波动与捕捞因素的影响下,考虑采取何种方法使捕捞效果既不产生捕捞过度,又可持续利用自然生物资源。它们都没有考虑到如何采取人工放流种苗这一有效的根本措施,从死亡率最高的补充过程各个阶段——卵、仔、稚、幼鱼发育生长入手,来提高种群数量,最大限度地增加渔获量;更没有考虑如何从食物链与各级生产力之间的关系规律出发,采取人工措施,充分发挥海洋初级生产力的作用,使其更直接而有效地转换为终级水产品,从而大幅度提高海区终级生产力的量与质。而这些正是海洋牧业理论的基本原则与中心内容。

下面我们举一个较为典型的例子来加以阐述。

我们知道,溯河洄游的鲑科鱼类,特别是大麻哈鱼属(*Oncorhynchus*)和鲑属(*Salmo*),经济价值高,生活习性特殊,早期生活史在河川中度过,资源的整个补充过程易于研究观察。由于河川水利建设等严重影响这类鱼的生殖洄游,促使了欧美一些国家从十九世纪中期便开始人工繁殖的试验。

加拿大、美国和苏联根据太平洋鲑类种群数量变动规律的研究结果,认为要保持太平洋鲑类的资源不致衰落,从海溯河进行生殖洄游的成鱼,必须保证有30—50%能够到达产卵场进行生殖,所捕的最适渔获量只能占生殖洄游鱼群总量的50—70%。这已成为国际间双边或多边渔业管理协定的准则。

日本对洄游至北海道的大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)的研究结果表明,在采取人工育苗放流增殖的有效措施后,每年的最适渔获量可高达生殖鱼群总数的90%。这是因为经人工培育进行放流的种苗,成活率比天然产卵发育者高3倍以上。特别是自1969年以来,放流种苗采取了中间培育,每尾亲鱼经人工繁殖所得到的平均补充数量较自然繁殖者提高6倍。因而,北海道大麻哈鱼的捕获量从40年代以来的150—300万尾提高到70年代的700—800万尾。据估计,由于采取了中间培育等措施,大麻哈鱼海洋牧业的最适渔获量可为原来捕捞渔业的4—5倍。这充分说明,海洋牧业还可扩大利用海洋的有机物初级生产力,使适于大麻哈鱼原来生活的自然条件下,经过人工放流补充后代的措施,其种群数量比历史水平有了很大的提高。当然,某一种下群的数量大幅度提高后,是否会影响该海区其它经济鱼类资源,目前尚不清楚。但是很明显,海洋牧业在采取人工方法改变生态系统中某些成分后,利用更多的海洋有机物初级生产力来增加所需品种的产量是完全可能的。

由于海洋牧业的历史还很短,积累的完整资料还不多,许多环节仍不清楚,因而目前要提出一个确切而完善的理论可能还为时过早。但是,我们相信,在前述两个理论基础上发展起来的海洋牧业的新理论,随着这一事业的发展 and 科学研究的进展,必将迅速形成与完善起来。

二、海洋牧业的实践

(一) 溯河洄游鱼类

在海洋牧业的试验实践中,单是溯河性鱼类,目前全世界每年放流种苗已超过20亿尾。其中有三个属占了主要位置(表1),大麻哈鱼属占了90%,鲟和鲑占其余10%的多数。下面我们着重介绍鲑类、鲟鳇鱼类和香鱼。

表1 溯河性鱼类增殖的海区和属别

增殖水域	属	性
北太平洋	Oncorhynchus, Salmo, Morone, Alosa	日本、加拿大、美国、苏联
鄂霍次克海	Oncorhynchus	苏联
日本海	Oncorhynchus	日本
里海	Acipenser, Huso, Salmo, Oncorhynchus	苏联
黑海	Acipenser, Huso, Salmo, Morone	苏联
波罗的海	Acipenser, Salmo	苏联
白海	Salmo, Oncorhynchus	苏联
巴伦支海	Salmo, Oncorhynchus	苏联
北海	Salmo	苏联、丹麦
北大西洋	Salmo, Oncorhynchus, Morone	美国、挪威、冰岛、瑞典、法、西德、荷兰、英、比利时、卢森堡、瑞士
南太平洋	Oncorhynchus	澳大利亚、新西兰

1. 鲑类

日本每年放流驼背大麻哈鱼 (*Oncorhynchus gorbusha*) 和大麻哈鱼的种苗数量达 5—8 亿尾。北海道约有 160 条河川支流均有大麻哈鱼的产卵场，目前在溯河进行生殖洄游的鱼群中约有 77% 是放流种苗成长的。1965 年以来，放流种苗的重捕率为 1% 左右，近几年已提高到 2% 以上 (0.5—3.5%)。每尾放流种苗重约 0.3—0.5 克，成本不到 1 日元，在海中生长 3—4 年后溯河进行生殖洄游时每尾已重达 3—4 公斤。年放流 5 亿尾种苗成本不到 5 亿日元，以 2% 重捕率计算可生产 1 千万尾 (约 3—4 万吨)，产值达 100 亿日元，为放流成本的 20 倍。

苏联每年在波罗的海、白海、巴伦支海内湾放流大西洋幼鲑约 200 万尾。在太平洋岸鄂霍次克海库页岛每年放流的驼背大麻哈鱼和大麻哈鱼种苗，60 年代后期就达到 6 亿尾，目前已达 8 亿尾。这两种鱼从太平洋水域移植到欧洲水域 (巴伦支海和白海、里海) 均完全获得成功。大麻哈鱼目前不仅在巴伦支海可捕到，而且芬兰、挪威、冰岛及英国等邻近国家水域均已发现。

美国每年在东海岸放流的大西洋鲑 (*Salmo salar*) 种苗约 25 万尾。在西海岸一些兴修水利的河川中进行放流的 4 种太平洋大麻哈鱼 (大麻哈鱼、驼背大麻哈鱼、大鳞大麻哈鱼 (*O. tshawytscha*)、银大麻哈鱼 (*O. kisuta*) 种苗约达 2 亿尾。在 1965 年鲑渔业生产中，有 22% 是放流种苗成长起来的，娱乐性渔业中放流种苗的产量也占 15%。按 1967 年的统计，人工放流增殖，为美国提供了 7100 吨鲑类产品。

加拿大每年生产供放流用的种苗中，大麻哈鱼和驼背大麻哈鱼两种即达 1 亿尾 (表 2, 3)。

鲑类放流增殖的主要问题首先是在于如何提高种苗培育技术，使种苗产量能迅速增加 2—3 倍，以满足需要；其次是加强放流种苗的中间培育试验，降低入海前后的大量死亡。日本对大麻哈鱼的试验结果表明，过去所放流的种苗大约有 70—80% 是在种苗刚到达海中时死亡 (包括为敌害所捕食)，入海的种苗中又有 40—50% 是在随后数天内损失掉。由此可见，中间培育的重要性是多大！近几年来，日本已解决了种苗在河中的死亡率问题，同时对入海早期的死亡率也已降低 1/3—1/2。这一成果将使日本北部海区的大麻哈鱼产量从现有水平提高一倍。

表2 大麻哈鱼属海湾放流种苗数量*

国别与地区别	每年放流种苗数量 (百万尾)					
	大麻哈鱼	驼背大麻哈鱼	大鳞大麻哈鱼	红大麻哈鱼	银大麻哈鱼	孟苏大麻哈鱼
美国:						
西北部各州	9	1	210	1	76	0
阿拉斯加	1	2	1	1	1	0
新英格兰州	0	0	1	0	1	0
加拿大:						
哥伦比亚	55	20	1	90	1	0
苏联:						
太平洋岸	337	457	0	9	5	0
白海、巴伦支海	0	4	0	0	0	0
里 海	0	0	0	0	0	0
日本	785	39	1	1	1	20
朝鲜	1	0	0	0	2	0
约计	1188	523	214	102	87	20

* 引自 "Advance in Aquaculture"

表3 鲑属海湾放流种苗数量

国家与地区别	每年放流种苗数量 (百万尾)			
	虹 鳟 S. gairdneri	大西洋鲑 S. salar	S. trutta	S. clarki
美国:				
西北部各州	26	0	0	*
新英格兰州	1	1	0	0
加拿大:				
太平洋岸	1	0	0	0
大西洋岸	0	1	0	0
苏联:				
白海、巴伦支海	0	2	0	0
波罗的海	0	1	0	0
黑 海	0	0	0	0
里 海	0	0	0.5	0
斯堪的那维亚各国:				
波罗的海	0	2	*	0
大 西 洋	0	0.3	*	0
欧洲其它国家:				
波罗的海	*	*	*	0
大 西 洋	0	0.5	*	0
约 计	28	8	1	*

* 少于100万尾, 统计数字不清

** 引自 "Advance in Aquaculture"

2. 鲟鳇鱼类

苏联里海的鲟鳇鱼类 (*Huso huso*, *Acipenser nudiventris*, *A. guldens tadtii*, *A. stellatus*) 在30—40年代产量高达3—4万吨, 占世界首位。由于伏尔加河及其它河川兴修水利等, 阻碍了溯河生殖洄游的通道, 资源完全破坏了。从50年代开始, 采取人工繁殖放流种苗以恢复资源, 1965年放流种苗达5千2百万尾, 70年代近1亿尾。现在里海、亚速海和咸海的内湾中均已形成了渔业。

伊朗对鲟鳇鱼类的增殖, 也进行了研究, 现在每年放流种苗约500万尾 (每尾3—5克), 计划近几年将增至2000万尾。

此外, 美国从1871年开始将大西洋西鲱 (*Also sapidissima*) 从大西洋岸移到太平洋岸, 早在1914年就已获得成功, 于新水域中定居并成为渔业。美国对条纹鲈 (*Morone saxatilis*) 在海湾中所进行的种苗放流工作, 也取得一定成绩, 每年放流种苗数量近100万尾。

3. 香鱼 (*Plecoglossus altivelis*)

香鱼是降海生殖洄游的一年生名贵鱼类。日本年产量占淡水产量的20—30%。由于河川水利建设等阻断了香鱼溯河洄游发育生长, 河段改造等也改变了水域环境, 从而缩小了适于香鱼生活的区域。日本自1921年开始进行人工放流增殖以来, 已获得显著效果。1958年放流种苗约7309万尾, 捕获量为6716吨; 1969年放流种苗29613万尾, 捕获量上升到10329吨。放流种苗数量与成鱼捕获量之间的相关系数为0.89。香鱼增殖中有待深入研究的问题, 主要是查明其早期生活史阶段究竟那个时期的死亡率最大, 引起死亡的原因究竟是敌害重要, 还是物理、化学因子的作用重要。

(二) 非溯河洄游的海洋鱼类

我们在过去的报告中, 对欧美等国有关鱼类增殖的历史与实践曾作了评述。为了减少篇幅, 本文着重介绍太平洋西部的研究试验情况。

1. 远东拟沙丁鱼 (*Sardinops spp.*) 和太平洋鲱 (*Clupea pallais*)

1930年—1940年, 日本西南海区沙丁鱼年捕获量约100—150万吨, 占日本近海渔业的首位。到了1945—1950年突然下降到20万吨, 因此促进了人工孵化放流的开展。从1943—1945年在各主要产卵场进行大规模人工授精, 每年放流的授精卵大约有5—20亿。太平洋鲱的年产量, 1924—1935年日本北部海区达25—50万吨, 仅次于沙丁鱼。1945—1950年产量也突然下降。因而从1952—1957年每年进行大规模的增殖试验。太平洋鲱产粘性卵, 附着于海藻上。由于风浪的影响, 附着卵子的海藻常被冲漂到岸边。当时所进行的试验仅是将这些卵子投放到海中, 让其自然孵化。估计每年抢救的卵子约有500—1000亿粒。

由于人工授精卵和仔鱼的放流效果的检验方法尚未建立, 所以对这两种鱼所进行的试验效果无法具体估计。多数学者认为, 由于授精卵和仔鱼的自然死亡率极高, 加上当时日本对这两种幼鱼的捕捞数量也相当大, 因而在后来的渔获量中并没有得到明显的反映。

2. 鳕 (*Gadus macrocephalus*) 和鲆鲽类 (*Pleuronectiformes*)

这也是日本北部沿海的重要鱼类。1945—1950年因产量突然下降, 也曾进行过增殖试验。每年放流的人工授精卵从几百万到几千万。实际效果与原因也不清楚, 可能与沙丁鱼的情况相似。

3. 真鲷 (加级鱼 *Pagrus major*)

日本生产真鲷苗种 (2—3公分), 每个事业单位已超过百万尾的水平。由于工厂化育苗技术尚未完全解决, 目前生产的苗种多数均供养殖用, 仅在濑户内海进行小规模放流增殖试验。种苗放流后须2—3年后才能达到商品规格, 一般回捕率为5—8%, 个别试验的回捕率估计可高

达30%。现在虽已进行了许多研究，但仍处于试验阶段。除了人工繁殖、育苗及中间培育的研究外，究竟是什么因素影响回捕率也仍在研究之中。

4. 日本对虾等其它海洋动物

日本到1976年已能生产2—2.5亿尾成本低廉的日本对虾种苗（1公分）。大多数种苗放流后在海中生长4—5个月可达11—12公分商品规格，成为渔获物的一部份。放流种苗的回捕率估计为0.5—5%，个别渔场估计可高达10%。产生这么大差异的原因，据分析主要取决于放流技术，放养海区的环境条件与敌害情况以及渔业管理制度等等。据认为今后的研究在于着重解决放流种苗的敌害、放流技术与效果检验等问题。

此外，日本还进行了青蟹（*Portunus trituberculatus*）及多种贝类的增殖试验。

三、结 语

海洋牧业将朝着两个方向大力开展研究：

第一，就某一增殖对象进行试验研究。这方面目前仍停留在以育苗为基础。进行增殖的主要目的在于保持资源的稳定与持续高产。今后的主要问题是：研究增殖对象的放流时间、地点与数量，以提高放流效果；研究种苗阶段的营养与成活率，以便在最短时间内培育大规格廉价健壮苗种，其中种苗放流前的中间培育（包括对敌害的防御能力）是当前最薄弱的环节，正如日本对大麻哈鱼研究的结果那样，那是关系到增殖效果的最明显的一个环节。此外，还应研究增殖对象的最适生长期，更有效地发挥水域生产力。

我国黄渤海的对虾，真鲷，黑鲷，大、小黄鱼，鳓鱼，梭鱼，半滑舌鳎，香鱼，斑鲈，等等均是可供选择进行试验的优良对象。它们中有的种类过去曾是这一海区的地方性优势种，有的食物链级次较低。这些种类的生态习性和人工繁殖研究试验均有一定基础，如果加强这方面的研究，将能在较短时间内取得效果。

第二，从增殖海区的生态系统出发，如何使食物链级次较低的原有优良品种（或引进新品种）迅速取得增殖效果，以使该海区的有机物初级生产力能更直接更快地转换为终级水产品，大幅度提高海区的生产水平。

我国大陆架辽阔，海岸线漫长而曲折，沿海港湾很多，具有开展海洋牧业的巨大潜力。渤海和台湾海峡不但面积宽广，生物资源丰富，且有很多地方性种下群生活于其中，条件更为优越。南海暖流、沿岸流及附近海区上升流，给台湾海峡水域源源不断地带来丰富的有机物质和饵料生物。据我所的研究，生活于台湾海峡的大黄鱼，其生长速度比南北邻近海区者要快得多，同龄大黄鱼的体重为邻近海区者的135—185%，其它鱼类如鲈鱼等亦有类似情况。因此，这是开展海洋牧业的优良海区。

海洋牧业，是正在兴起的新事物，需要进行许多可能成功也可能失败的先驱试验。为了易于着手并为在较大海区开展试验积累必要的科学资料与经验，我们觉得选择1—2个条件较好的小型内湾进行试点是必要的。例如山东胶州湾就是其中之一。最近，山东有关海洋科学与水产科学的研究单位正开展胶州湾及其邻近水域海洋生物增养殖原理的调查研究。我们希望这项研究能在不久将来为我国的海洋水产生农牧化的综合发展，为海洋生物资源开发利用新系统理论的研究提供有益经验。

—<>—