

海洋鱼类资源增殖研究 的几个问题

中国科学院海洋研究所 徐恭昭

研究海洋鱼类资源增、养殖问题，已成为提高专属经济区水产品产量的主要问题。中国科学院海洋研究所曾呈奎所长在“关于我国专属经济区水产生产农牧化的一些问题”、作者等在“海洋鱼类增养殖的意义、进展与前景”等文中均作了阐述。这里，我们从种群数量变动的角度，对资源增殖问题加以讨论。

一、资源补充在种群数量中的位置，资源科学利用管理的原则及其在资源增殖中的重要作用

资源增殖问题，实质上是人为地增加资源补充量，补偿因各种原因使补充量所遭受的损失，缓和资源的波动。目前科学技术迅速发展，任何一种资源，如果不科学地利用与管理，而采取无节制地任意捕捞，那么任何增殖措施都不可能保证资源得以维持，更谈不上达到生产上的稳产高产。所以谈增殖必然要谈科学利用与管理。

我们知道，海洋鱼类资源经常处于波动之中，而决定一个种下群的数量大小，因素是错综复杂的。为了便于叙述和易于理解，我们用一个简化了的最基本模式来表示：

$$S_2 = S_1 + (R + G) - (M + C)$$

式中： S_2 = 预期的或未来的资源量；

S_1 = 现存的资源量；

R = 后代补充量；

G = 生长量(重量)；

M = 自然死亡； C = 捕捞量；

$(R + G)$ 又可称为(资源)添加量；

$(M + C)$ 又可称为(资源)减少量。

由式中可以明显地看出， $(R + G) > (M + C)$ 资源趋于上升； $(R + G) < (M + C)$ 资源趋于下降； $(R + G) = (M + C)$ 资源维持现有水平。

最初，人们对资源的开发利用，由于手段不完善，式中 C (捕捞量) 不大。因此，某一种下群的数量基本上决定于自然环境因子(生物与非生物因子)对补充、生长及死亡等因素的影响。而且渔捞强度不大， S_1 也就相对地比该种类自然繁殖所需要的最低量多些。这样，一般需要在 R

连续多年下降之后，才能察觉资源的明显波动。

到了渔业发达之后，特别是不加节制地大小鱼任意捕捞，那么 S_1 和 $(R+G)$ 就大为减少了，而 $(M+C)$ 迅速增大， S_2 就必然急剧减少。如此日积月累，加上种间的竞争，再遇上自然条件对种类自然繁殖特别不利的年份，就会更进一步降低 S_1 和 $(R+G)$ 的数量，而提高 M 的数量， S_2 便愈益递减。这样，某一渔场或某一类型的资源就渐趋衰落，甚至不能形成有捕捞价值的渔业。在一个水域里，种与种之间是互相联系、互相制约的，在历史的长河中，逐渐地形成某一特定的平衡，如果一旦这种平衡被破坏，某一类型被压抑下去了，而它的食物竞争者或敌害种又大量繁殖起来，空间被占领了，纵使采取一般的禁捕保护措施，也不一定能得到恢复，最少短期内不能恢复。世界上许多传统渔场所发生的这类情况是大家所熟知的。就我国北方海区来说，真鲷自20年代资源遭破坏至今未能恢复就是一个典型的例证。再如六十年代以来，黄渤海的小黄鱼和带鱼至今已不成为渔捞对象，东海的大黄鱼资源也濒临枯竭。一些低质种类却上升了，例如每尾仅重半两左右的叫姑鱼，据估计年产量高达2万吨；东海大黄鱼的主要饵料对象之一的龙头鱼（群众称为豆腐鱼）近年来产量也显著上升。从这里使我们清楚地认识到，对于一个水域的资源调查研究，既要抓住主要矛盾，重点放在主要经济捕捞对象的研究上，也应研究各个种之间的相互关系，研究整个水域的总体状况。这样，才能对该水域资源的总体管理提出确切的方案。在这方面，北欧与日本的经验教训是值得我们去分析研究和参考的。国内20多年来的资源调查研究经验也值得进行全面总结分析，从中找出规律性的东西来。

科学的调查与实践证明，为了能持久地获得主要经济鱼类作为动物蛋白质的来源，必须采取一些措施，使 S_1 维持在自然繁殖所必须的数量水平，使添加量 $(R+G)$ 保持在最高水平，这就是提出繁殖保护与渔捞调节的理论依据，是科学利用资源与管理资源的开端。从事这方面工作的专家，进一步认为要使 G （生长量）在添加量中发挥更大的作用，提出在某一种类个体生长最迅速阶段不加捕捞。大黄鱼的研究表明，在渔获中，很大一部份是生长速度最快的年龄组。因此，如果依各个地理种群的特点，所捕的渔获物分别转后3—5个年龄组，那么，在1959年，浙江、福建、广东、江苏沿海的大黄鱼产量就可分别提高25%、145%、60%和42%。当然，这里还有许多其他因素未考虑，这仅是理论估计值。另外，为了弥补自然繁殖中早期死亡率特高，使 R （补充量）更大，主张在生殖季节或生殖盛期之前不捕，至少第一次性成熟的鱼不捕。这些就是当今科学利用资源和管理资源的原则。虽然这些原则，多半还处于理论探讨。但是，人们在国际渔业的多边或双边谈判中已作了巨大努力，以求逐步实现。

当一个渔场或某一重要经济鱼类资源已被破坏，不能再成为渔捞对象时，这种原则便显得无能为力了。这一点我们再从上述基本模式来讨论就可说明。此时式中的 S_1 可视为零，或接近于零来处理。这样对 S_2 起正作用的只有 $(R+G)$ 。既然 S_1 接近于零，那么 G 的大小主要决定于 R 的大小，即补充量的多少， S_2 能够恢复或提高，也主要依靠 R 。如果某一个种下群在整个补充过程中（从卵子发育到第一次性成熟之前）， M 很大， R 就不可能大，加上 S_1 极小，这样 S_2 就很难会恢复或增长到原有的水平。

在自然状态下，一个种下群的补充量究竟应多大才能使资源维持在最高水平或至少不至衰落下去？这是研究资源的核心问题，也是自60年代以来被普遍认为是今后最有前途的课题的理由所在。

以上仅是从最简单的或理想的情况下来讨论的，没有考虑到种间的竞争关系和决定种群数量各因素之间的相互作用。但是，由此也可明显地看出，由于资源利用的不合理，捕捞强度过大，会导致严重恶果。相反，科学利用与管理，不仅对维持某一种下群的自然繁殖，避免资源的衰落

具有重要作用，而且对资源的提高与自然补充也起到积极的作用。

二、水域资源增殖途径和从资源增殖研究的历史中吸取经验

单纯依靠自然补充以恢复已被破坏的资源，速度很慢，甚至于对种间竞争激烈的某一种下群来说，可能性很小。对此，是否可以用人为的干预来增加补充量R，答案是肯定的。从一个水域来说，要增大R，有两个途径。一是对衰落或已被破坏的资源，采取人工繁殖的办法，培育种苗，放流入海使其自然生长，迅速加入 S_1 行列。二是将其它水域中更优良，又适于这一水域繁殖生长的种类移植进来，使其迅速形成自然鱼群。这两个途径，从上世纪末就已经在继续不断地进行试验，并在20年代形成所谓世界性的“海鱼人工孵化运动”的黄金时代。下面我们简要地介绍一下主要是美国和欧洲的一些研究情况。

Dr. T. Garlick (美)，1853年在北美俄亥俄 (Ohio) 建立了一个鱼类孵化场，将安别厘阿 (Ontario) 的加拿大红点鲑鱼卵运来进行孵化，这是第一次有文献记载的移殖孵化工作。1867年北美大西洋岸的一种在海中生长至河中产卵的溯河性鲱 (*Alosa sapidissima* (w))，因资源受到破坏，开始采用人工繁殖种苗办法来缓和补充的不足，经内战期间的停捕，资源得到了恢复，战后数年又可大规模地进行捕捞了。1873年又将3.5万尾幼鱼从北美东海岸运到西海岸的萨克刺门托 (Sacramento) 河中，至1884年该鱼终于在太平洋岸各河川中形成自然产卵鱼群，并成为加利福尼亚和其它地方市场的重要商品鱼。Earll在1880年报道了第一次成功地孵化出1.5百万鳕鱼苗，放入麻省安角 (Cape Ann) 的海区中。此后，美国还先后成功地孵化了鲱鱼、黑线鳕、白腹鳕 (*Pollachins vireus*)、鲽、鲆等多种鱼苗。美国渔业局先后在沿海建立了三个海鱼孵化场，从1888年一直到1905年顺利进行鳕鱼孵化放流工作。

美国早期的优异成绩轰动了1883年的伦敦渔业展览会。美国的展出鼓舞了欧洲的生物学家，他们对人工孵化放流以挽救沿岸鱼类资源衰落的方法，抱着极大的兴趣。挪威、英国、芬兰等国均先后建立人工孵化场来从事鳕鱼、鲱鳕类的资源增殖工作。以至后来被称之为“海鱼孵化运动。”

1892年，丹麦海洋生物站的Dr. C. Petersen将英国北海的幼鲽，移到丹麦，放进饵料丰富的林峡湾 (Linfjord)。一直延续到1908年，最后终于在该海区形成了鲽渔业。这也是“稀疏论”的提出基础。挪威自1882年开始试验人工孵化，以补充邻近海区鳕鱼资源。据 Dannevig (1963) 报道，从1950年以来，每隔一年，在捕捞过度的奥斯罗峡湾 (Oslofjord) 放养鳕鱼仔鱼1—1.5亿尾。据他的分析，该海区沿岸当年生幼鲽的数量与孵化放流数量呈正相关。而且任一放流年份的世代数量与不放流自然补充最多的年份相比，前者数量都不低于后者。

1917年，美国东海岸三个孵化场的鱼苗总生产量，每年超过30亿尾，各鱼种的具体数字如下：

| | | | |
|-----|--------|-----|---------|
| 鳕 | 3.36亿尾 | 白腹鳕 | 14.74亿尾 |
| 黑线鳕 | 0.06亿尾 | 比目鱼 | 18.14亿尾 |

这个数字，比第一次世界大战前欧洲每年生产的总数还要高许多倍。1943年，美国的屋兹贺 (Woods Hole) 人工孵化场由海军部门接管使用，其它两个孵化场也分别于1950和1952年停止进行这方面的工作。但是，美国鲑鳕类的放流增殖业一直进行至今。

第一次世界大战后，主要由于战争停捕，资源有了显著恢复，对孵化放流的实用价值又引起普遍怀疑。因而，欧洲的海鱼“人工孵化运动”业已衰落。20年代初，挪威的2个人工孵化场也

已停止，改为从事海洋生物的研究。

苏联对鲑鱼和鲑类的增殖工作已取得很好成绩。据报道，目前约有90余处人工孵化场，每年放流鱼苗数目大约十亿尾。这些从白海和巴伦支海放流的鲑鱼，曾在挪威和英国沿海捕获到。目前，还在黑海试验进行比目鱼类的人工增殖工作。他们的办法是将孵化后4—5天的仔鱼，移至培育池中，经过2—2.5个月的饲养后再放进海中，估计成活率可达50%。此外，苏联还成功地将黑海鳕鱼移殖到黑海。1972—1975年又将远东梭鱼移进黑海，也已取得成功，形成了自然鱼群。

日本对鲑类的放流工作，也有一定的规模。现在北海道每年要放流种苗3—6亿尾，本洲放1.2—1.4亿尾。北海道的札幌为鲑鳟鱼孵化中心，下设6个分场，每场又分设5—6个人工孵化站。岩手县水产试验场最近曾获得回归率高达7.3%的新纪录。对真鲷的增殖工作也一直在进行。近几年还试放了鲈、鲑等种苗。除濑户内海外，正计划在日本海进行这项增殖工作。

国外的研究历史表明，有的海区、有的鱼种获得较好效果，另一些则较差，甚至失败。这里原因很多，与增殖对象的生物学特性及其资源被破坏的程度有关；与放流种苗的大小、数量及放流的地点有密切关系；也与保护管理措施完善与否有关。还有一个重要因素就是增殖对象的种间关系，主要是敌害关系。据说，美国在某一河口中放流的鲑苗，事先对河口外海区鲑苗敌害未进行详细调查，结果全被受保护的海豹和海狮所吞食光，发现时，已白白浪费了近十年的时间。

综上所述，分析国外所进行的成功与失败的经验，对我们今后开展这项研究是有意义的。

三、关于增殖对象的选择问题

资源增殖的对象，除增殖海区资源衰落的重要经济种类和优良的适于移进的种类外，还应从充分发挥水域生物生产潜力来考虑，以提高水域鱼类的生产力。我们知道，同一水域的最后产品，它的食物链级次较低，其总产量就要高。因为食物链每提高一级，平均转换率只有10%。假定某一水域的一级生产者（主要是浮游植物和底生藻类）为10,000单位，平均大约只能生产1,000单位的二级生产者，100单位的三级生产者，四级生产者就只能有10单位，而五级生产者仅为1单位了。就我国东、黄渤海而言，估计属于食物链级次为4—5级以上的肉食性鱼类约占总产量的1/4—1/3，这也是限制这一水域产量不算太高的一个因素。如果能把现有产量中属于食物链级次高的种类，逐步以级次较低的种类有计划地加以更替，只须更替掉50万吨，食物链平均降低一级，就有可能提高产量500万吨。这仅是一个理论估计，也不可能是一个立刻或短期内就可实现的事，要靠我们辛勤劳动。但是，我们应该从开发海洋的未来着想，向着这个目标持续不懈地进行试验，总是可以找出最佳途径，使海洋向人类提供更多的动物蛋白质的。

在考虑试验的增殖对象时，一般可从以下三方面来加以权衡：1) 优质的地方性种或种下群。优质的道理不说自明，选择地方性种或种下种，在于保护管理措施容易生效；2) 食物链级次较低，适应性强。这样有利于发挥初级生产力的潜力，可以从水域中获得大量的水产品；3) 生长快，性成熟早。这样达到商品规格的周期缩短，自然繁殖率相对提高。

我国有相当多的经济鱼类可供选择进行试验。例如，真鲷、黑鲷、遮目鱼、梭鱼、鳕鱼、半滑舌鲷、斑鲈、鲟鱼、鳊鱼、凤尾鱼等等。此外，大、小黄鱼虽是肉食性种类，但原为东海或黄渤海的优势地方性种下群，亦可考虑资源恢复的增殖工作。

对于海洋鱼类资源的增殖工作，我们过去未进行过，必须慎重做好基本的调查研究，在情况不十分了解之前，多进行一些室内外的小型试验，以便取得更多科学数据，获得更佳效果。

四、需要开展研究的主要问题与现状

1. 增殖海区海洋学基础的调查研究

我们对某种资源进行增殖，预期达到多少产量可从该种类过去的历史最高产量来估算。但是，如果能了解到究竟是什么因素限制了该对象的数量进一步提高，那么我们就可以采取相应的措施减少该因子的作用。另外，一个水域的生产潜力在一定条件下，总有其一定的生物学限度。因此，对于增殖海区的海洋学基本特性必须有较详细的了解，才能对其生物生产力及其限制因子作出科学的估计。从六十年代以来，黄渤海区的渔业资源情况已有了明显的重大改变，渔获物的种类组成以及质量都发生了根本性的变动。原来的优势种类，如小黄鱼、带鱼已基本上不成为捕捞对象，而另一些低质量的种类却显著上升了。这说明种间关系起了根本性的变化。目前，对这些情况还多是从渔获统计上反映出来，至于生物学的内在联系和适应变化还缺乏系统性调查。从历史和现有的情况来看，渤海的鱼类基本上与黄海构成一个地方性种下群，即属于季节性洄游分布的种下种，产卵场多在渤海，越冬场多在黄海。根据主要种类的种群生态学的资料分析，初步可以认为，黄渤海基本上属于一个生态系统，而黄海南部则是与东海北部生态系统构成的交汇区。因此，对黄渤海主要渔场区的海洋学进行一些较为详细的基础调查很有必要。研究的重点应放在增殖对象的产卵场和幼鱼发育生长区及越冬场上。

2. 增殖对象资源变动与洄游分布的研究

既然资源增殖主要是在于对后代补充采取积极措施。那么，我们对增殖对象的补充特性，幼鱼行动习性、机理及其种间关系（食物关系、敌害关系、空间分布关系）应进行重点的研究。以便对放流种苗的发育阶段、最适数量、最适地点与最适时期提供科学依据。为了对增殖对象的资源进行科学利用与管理，还应系统地研究影响资源量的另几个要素。在这方面，除了应有完整的渔获统计分析外，还应着重研究生长、死亡的规律以及渔捞和污染等人为因素及环境因子的影响。以便提出确切的科学利用与管理措施，保证稳产高产。

3. 人工繁殖与种苗放流技术的研究

种苗是增殖的物质基础，为了保证按需提供健壮种苗，首先要弄清亲鱼性腺成熟的规律与排卵机制，以便可以在人工控制条件下提前多次获得优质成熟卵子。夏威夷海洋研究所采用控制温度（21℃）与光周期（6L/18D）的方法，使海水饲养的鳕鱼提前产卵。这项研究不仅在养殖上是重要的，在增殖应用上，可以提前培育出放流阶段的种苗，或使其在敌害大量繁殖生长之前进行放养，或延长生长期，提高生活力，减少死亡率。同时，对提高孵化设备使用率上也是有意义的。在有条件的地方，可以利用余热水或地热水作为热源解决北方最困难的越冬问题，并可促使亲鱼成熟的速度。

其次，着重研究幼体发育生长的规律及其成活率问题。据R.C.Man（美）的统计，1878年到1969年已发表的资料，世界各国进行种苗室内培育试验的海鱼种类有75种（分属28科）以上。我国解放以来，进行了20余种（分属14科左右）。

1975年日本长崎县水产试验场在2个容量为100吨的室外圆型水槽中，培养出12毫米的真鲷稚鱼200万尾，成活率达40%，平均每吨水培育1万尾。英国人岛（Man Isle）水产研究所对鲈（*Pleuronectes platessa* L.）的育苗成活率也稳定地达到65.7%，每平方米水槽底面的幼鲈密度为3,650尾。我国梭鱼自1967年实验成功后，1978年已育苗8万余尾。鲷类、鲆鲽类、斑鲷及其它的鲷科鱼类人工繁殖工作都有一些试验基础。

鱼类死亡率最大时期是仔鱼从内源营养转为外源营养阶段，即通常称谓的“敏感期”或“危

险期”。其次，则是在行动器官和鳞被等开始形成，摄食习性和分布行动习性有了较大变化与更替的时期。在自然界中，非保护性卵子，从授精到变态完成，成活率往往只有数万至数百万分之一。因此，充分研究不同种类成活率的影响因子，不仅可提高育苗效果，也是制订提高自然补充措施的依据。弄清影响成活率的因素，还可为确定种苗放流的发育阶段、时间、空间，提出更确切的资料，以获得最佳增殖效果。国外在过去增殖研究中，有的种类孵化放流效果不佳的主要因素，除资源保护管理措施不善外，这是最重要的一个。

育苗成功与否，除了卵子质量、环境因子外，关键因素还在于是否能适时地获得适口与适量的饵料。幼体饵料问题的解决，目前主要有三个途径。一是在室外土池预先培养基础饵料，放进鱼苗进行培育。这种方法的优点是费用低，水质不易变坏，但育苗密度不能大，而且由于仔鱼活动力弱，如果饵料大小不适口或密度过低都会导致成活率大为降低，而且敌害不易完全控制。第二种方法是投喂活饵料，根据我所及国外的实践，可先后用牡蛎幼体、贻贝幼体、轮虫、卤虫及桡足类。国外关于轮虫及卤虫大量连续培养，在生物技术已基本过关。但是桡足类近期估计还不能解决。日本有的单位用捞捕或诱捕天然浮游动物作为补充其他活饵料之不足。要大量培养动物性活饵料，就必须培养植物性饵料，这方面进展较快，主要在于筛选更好的品种。第三种方法是配制高效人工饵料。幼体的人工饵料，目前主要问题是颗粒大小如何适口及在水中分布如何能均匀的问题。同时，不同生态类型的种类要求不同。因此，必须对各发育阶段的营养、代谢生理进行研究，在了解其需要成份之后，进行配方试制。当然，还可先参照国内外其它配方进行饲养对比，从中择优改进。

种苗应培育到多大才能适于放流，这要从两方面考虑。一是生物学特性，成活率较高且基本稳定的阶段；二是经济上费用相对较低。日本福冈县栽培渔业中心，对真鲷放流种苗的标准是孵化后培育30—40天，体长达12毫米左右，移进海上活水箱（或围网箱）继续饲养1个月，达到30毫米后再行放入海中。如前面已谈到的，苏联在黑海对比目鱼类的试验是将孵化后4—5天的仔鱼，移进培育池中，经过2—2.5个月的饲养再放入海中。

种苗放流之后，检验资源增殖效果通常是沿用资源估计的标志放流回归率和世代估计两种方法。根据国外的进展来看，还可开展声控、光控、声追踪及其它护养方法，进行对比。日本曾用超声波结合投饵训练真鲷，7—14天即可形成条件反射，再放进海中，不时诱回，加强条件反射，直至收获为止。同时也正在试验海豚做为“牧犬”。

五、结 语

海洋鱼类增殖是一个较为复杂的问题。欧美在本世纪20年代搞的所谓“人工孵化运动”，对鱼类增殖并没有完全取得显著效果。当前，科学技术与20年代相比已有了飞跃的进展，许多过去无法解决或未知的领域，现在已易于解决或已有所了解。专属经济区问题提出之后，为了向海洋索取动物蛋白质的迫切需要，世界各国对这项研究又日趋活跃，取得了许多可喜的进展。但是，从总的来看，这个问题仍处于试验阶段。要早日取得效果，除了资源科学利用管理上有一系列社会问题与经济政策问题有待研究之外，在科学技术上，这也是一个较复杂的海洋生物学的综合性课题。涉及的学科较多，集中一些力量选择一个海区 and 1—2个种类进行试验是必要的，这就要加强各学科和各单位之间的协作。另一个存在的重要问题，是目前各单位均普遍缺乏必要的试验场地和设备，影响了工作的进展，甚至许多工作无法进行。因此，还必须为各有关单位创建一定的条件设备，争取在较短时间内，从海洋中获得更多动物蛋白质而做出应有的贡献。