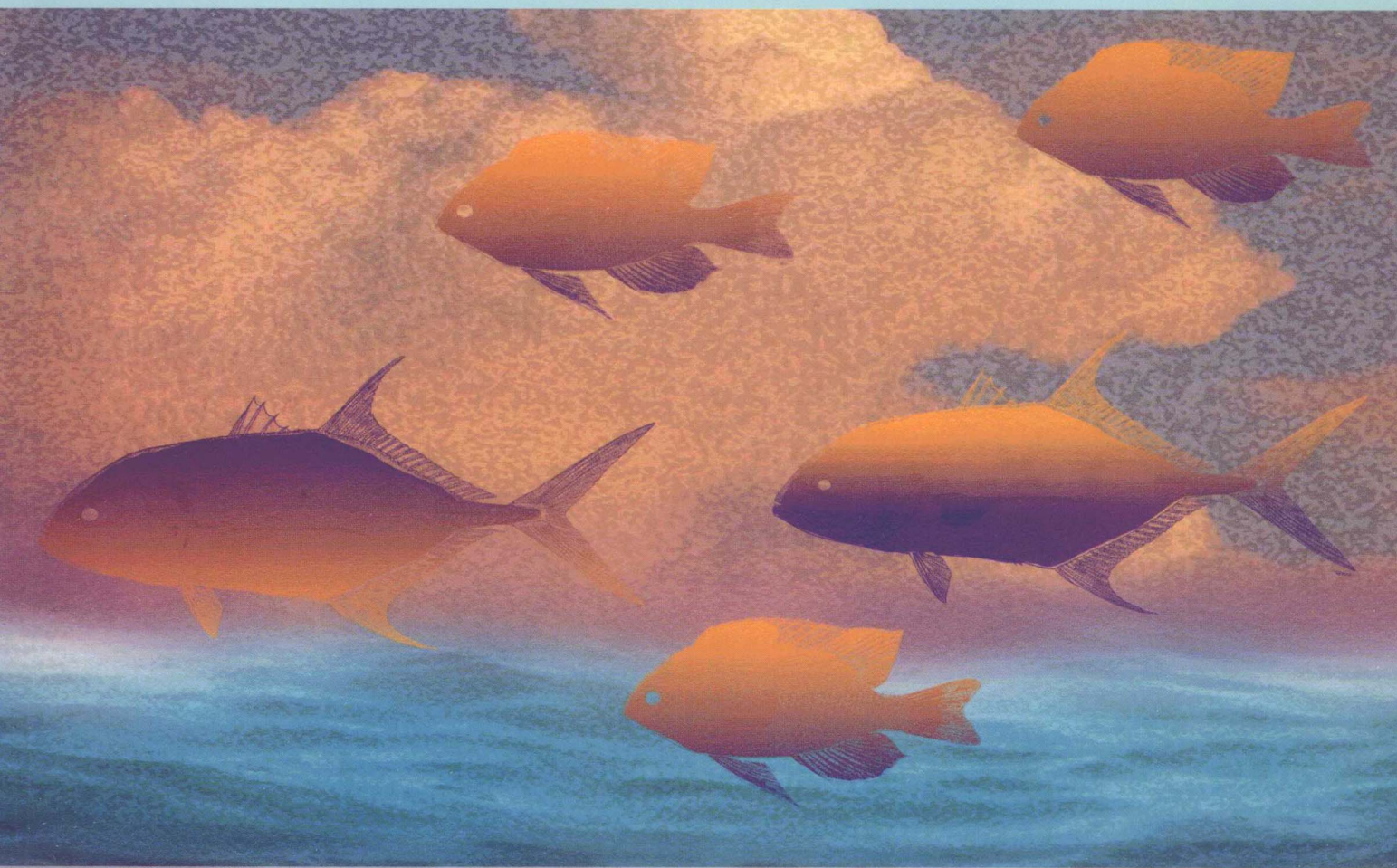


气候变化对渔业和水产养殖的影响

—— 当前科学知识概览



气候变化对渔业和水产养殖的影响

——当前科学知识概览

主编

Kevern Cochrane

渔业管理及保护处处长
渔业及水产养殖管理司
粮农组织渔业及水产养殖部
意大利 罗马

Cassandra De Young

渔业政策分析师
渔业及水产经济和政策司
粮农组织渔业及水产养殖部
意大利 罗马

Doris Soto

渔业资源高级官员
渔业及水产养殖管理司
粮农组织渔业及水产养殖部
意大利 罗马

Tarub Bahri

渔业资源官员
渔业及水产养殖管理司
粮农组织渔业及水产养殖部
意大利 罗马

翻译 贾 焰 郭 粟 朱亚勤 罗舒婷

审校 贾 焰

中国农业出版社
联合国粮食及农业组织
2012·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

气候变化对渔业和水产养殖的影响：当前科学知识
概览 / 联合国粮食及农业组织编；贾焰等译. —北京：
中国农业出版社，2012. 11

ISBN 978-7-109-17440-5

I. ①气… II. ①联…②贾… III. ①气候变化-影
响-渔业-文集②气候变化-影响-水产养殖业-文集
IV. ①S9-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 287801 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘爱芳

北京市达利天成印刷装订有限责任公司印刷 新华书店北京发行所发行
2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月北京第 1 次印刷

开本：889mm×1194mm 1/16 印张：10.75

字数：230 千字

定价：50.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换)

27-CPP10/11

本出版物原版为英文，即 *Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture – Overview of Current Scientific Knowledge* (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 530)，由联合国粮食及农业组织于 2009 年出版。此中文翻译由中国农业部国际交流服务中心安排并对翻译的准确性及质量负全部责任。如有出入，应以英文原版为准。

ISBN 978-92-5-506347-3 (粮农组织)

ISBN 978-7-109-17440-5 (中国农业出版社)

本信息产品中使用的名称和介绍的材料，并不意味着联合国粮食及农业组织（粮农组织）对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律或发展状态、或对其国界或边界的划分表示任何意见。提及具体的公司或厂商产品，无论是否含有专利，并不意味着这些公司或产品得到粮农组织的认可或推荐，优于未提及的其他类似公司或产品。本出版物中表达的观点系作者的观点，并不一定反映粮农组织的观点。

版权所有。粮农组织和国际乳品业联合会鼓励对本信息产品中的材料进行复制和传播。申请非商业性使用将获免费授权。为转售或包括教育在内的其他商业性用途而复制材料，均可产生费用。如需申请复制或传播粮农组织版权材料或征询有关权利和许可的所有其他事宜，请发送电子邮件至：copyright@fao.org，或致函粮农组织知识交流、研究及推广办公室出版政策及支持科科长：Chief, Publishing Policy and Support Branch, Office of Knowledge Exchange, Research and Extension, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy。

© 粮农组织 2009 年（英文版）

© 粮农组织 2012 年（中文版）

联合国粮食及农业组织 (FAO)
中文出版计划丛书
译审委员会

主 任 屈四喜

副主任 童玉娥 王本利 孟宪学 罗 鸣

编 委 张蕙杰 宋会兵 赵立军 蔺惠芳

钱 钰 徐 猛 张 巍 傅永东

田 晓 刘爱芳 贾 焰 郑 君

文件的编撰

渔业委员会（COFI）第二十七次会议提出，粮农组织（FAO）渔业及水产部（FI）需要对气候变化在渔业方面的影响开展概略性研究，明确气候变化和渔业方面的主要问题。本文件包含三份综合的技术论文，形成了“气候变化对渔业和水产养殖的影响”专家研讨会技术讨论的基础。专家研讨会于2008年4月7~9日在FAO总部召开。此次专家研讨会的结论及建议请参考2008年《FAO渔业报告》第870号文件。

本文件的三篇论文旨在就气候变化对渔业和水产养殖业可能产生的影响对现有知识进行梳理。第一篇论文分析了气候变率和气候变化对海洋及淡水环境所带来的物理及生态影响。第二篇论文探讨了气候变化对渔民及其社区的影响，审议了可以实施的可能的适应和减缓措施。第三篇论文涉及气候变化对水产养殖业的影响，并给出了可以实施的可能的适应和减缓措施。

所有参与专家研讨会的代表都对这三篇技术论文的修改和完善提出了建议，特此致以谢意。

本次专家研讨会及三篇技术论文的出版由意大利政府和挪威政府资助，是FAO“世界粮食安全高级别会议：气候变化和生物能源的挑战”会议活动的组成部分（罗马，2008年6月3~5日）。

摘 要

“气候变化对渔业和水产养殖的影响”专家研讨会（罗马，2008年4月7~9日）提出并讨论了三篇有关当前气候变化对渔业和水产养殖业影响的技术论文。本文件的导言总结了研讨会的讨论成果：气候变化对水生生态系统、渔业和水产养殖业所产生的影响，以及有关此方面的重要信息。

第一篇论文审议了气候变化对海洋及内陆捕捞渔业和水产养殖业的物理与生态影响。文章首先分析了气候变化对海洋和淡水系统的物理影响，然后将这些变化与所观察到的渔业生产过程的影响相关联。文章还通过不同地域生态系统的典型研究，阐述了气候变化对渔业生产和生态系统的一系列潜在影响。

第二篇论文涉及气候变化对渔业以及依赖渔业的社区产生影响而导致的后果。文章分析了渔业对气候变化的暴露性、敏感性和脆弱性，列举了当前在这一领域所采用的适应机制。文中还提及渔业对温室气体排放造成的影响，并提出了一些缓解策略。此外，文章还探讨了公共政策和机制对适应、减缓气候变化的促进作用。

最后，第三篇论文重点论述了气候变化对水产养殖业的影响。文章提供了当前食用鱼和水产养殖产量概况，总结了目前气候变化对渔业和水产养殖业影响的研究。文章重点介绍了气候变化对水产养殖业在生物多样性、鱼病及鱼粉方面的直接和间接影响。另外，文章还探讨了水产养殖对气候变化的影响（碳排放和碳汇），并给出了可以实施的可能的适应和减缓措施。

Cochrane, K. ; De Young, C. ; Soto, D. ; Bahri, T. (主编)。

气候变化对渔业和水产养殖的影响——当前科学知识概览

《联合国粮农组织渔业及水产养殖技术论文》第530号，罗马，粮农组织。2009。212页。

目 录

文件的编撰	v
摘要	vi
导言	1
气候变化对海洋和内陆捕捞渔业、水产养殖的物理与生态影响 (M. Barange 和 R. I. Perry)	5
气候变化与捕捞渔业：潜在影响、适应和减缓措施 (T. Daw, W. N. Adger, K. Brown 和 M. -C. Badjeck)	82
气候变化与水产养殖：潜在影响、适应和减缓措施 (S. S. De Silva 和 D. Soto)	116

导 言

气候变化背景概要

自 2007 年政府间气候变化专业委员会 (IPCC) 发布第四份评估报告后, 气候变化对人类社会和自然生态系统的威胁就上升成为最重要的问题。虽然渔业和水产养殖业的重要性常常被人们低估, 但气候变化对渔业和水产养殖的影响, 以及气候变化对沿海和河岸社区的总体影响却不容忽视。与此同时, 尽管渔业和水产养殖业排放的温室气体总量较小, 但在减排方面也有一些机遇。

小到地方, 大到全球, 渔业和水产养殖业对食品供应、粮食安全和增加收入都起了重要作用。大约有 4 350 万人直接参与这一行业的工作, 其中绝大多数在发展中国家。算上加工、销售、分销和供应行业工作的人数, 这一产业为将近 2 亿人提供了生计。水产食品具有较高的营养价值, 为超过 15 亿人提供人均 20% 以上的动物蛋白摄入量, 主要集中在发展中国家。此外, 水产食品还是许多贫穷国家广泛交易的食物、是其出口收入的主要构成部分。水产行业对小岛国尤其具有特殊意义, 在小岛国至少 50% 的动物蛋白来自渔业和水产养殖业。

气候变化对未来的生态系统、社会经济都具有广泛影响, 对各行业 and 食品供应会带来更大压力, 其中也包括渔业和水产养殖业。随着食物资源面临更大压力, 食品质量问题将愈加重要, 鱼类供应量和获取途径也将成为一个越来越重要的发展问题。

与主流农业不同, 渔业与气候变化有明显的相互作用。捕捞业具有捕捞自然资源与全球生态系统过程密切相关的独特性。水产养殖业在相互作用方面更类似于农业, 但其不断补充并增加鱼类资源供应, 与捕捞渔业也有着重要的联系。

意识到可能发生的气候变化及渔业、水产养殖业、农业和林业之间可能产生的相互作用, 联合国粮食及农业组织 (FAO) 于 2008 年 6 月 3~5 日在其总部罗马召开了“世界粮食安全高级别会议: 气候变化和生物能源的挑战”会议, 讨论了面对气候变化和能源安全, 如何解决粮食安全及消除贫困的相关问题。

FAO 渔业及水产养殖部 (FI) 于 2008 年 4 月 7~9 日^①举办了关于“气候变化对渔业和水产养殖的影响”的专家研讨会, 目的在于使 FAO 大会对渔业和水产养殖业所面临的气候变化问题能有清晰、正确的认识。此次研讨会为高级别会议奠定了基础, 也回应了 FAO 渔业委员会 (COFI) 第二十七届会议的要求, 即“FAO 应在一定范围内进行研究, 找出有关气候变化和渔业的关键问题, 并就渔业如何适应气候变化进行讨论, 使 FAO 率先告知渔民和决策者气候变化对渔业可能产生的后果”。

粮农组织“气候变化对渔业和水产养殖的影响”专家研讨会的结论 (罗马, 2008 年 4 月 7~9 日)

本次专家研讨会讨论并分析了渔业和水产养殖方面与气候变化相关的核心问题, 出发点是物理变化、气候变化对水生资源和生态系统的影响, 以及上述变化如何促使人们在渔业和水产养殖领域来应对并适应变化。本文件包含了三份具有综合背景知识的论文, 促进了技术讨论的开展:

——M. Barange 和 R. I. Perry 编著的《气候变化对海洋和内陆捕捞渔业、水产养殖的物理与生态影响》;

——T. Daw, W. N. Adger, K. Brown 和 M. -C. Badjeck 编著的《气候变化与捕捞渔业: 潜在影响、适应和减缓措施》;

^① 粮农组织。2008 年。粮农组织“气候变化对渔业和水产养殖的影响”专家研讨会报告。意大利罗马, 2008 年 4 月 7~9 日。《联合国粮农组织渔业报告》870 号。罗马, 粮农组织。2008。32 页。

——S. S. De Silva 和 D. Soto 编著的《气候变化与水产养殖：潜在影响、适应和减缓措施》。

会议分析了三篇论文，讨论总结出最重要的信息，即气候变化对捕捞渔业和水产养殖业发展的可持续性构成威胁。在自然资源承受全球社会经济压力的背景下，气候逐渐变暖及其相关的物理变化，以及极端事件发生的频率、强度和地点都会造成种种影响。研讨会分析了气候变化对生态系统和生计的主要影响，以及对粮食安全的影响。会议认为，应该立即采取适应措施以应对气候变化对粮食安全和人类生计带来的机遇和挑战。

对生态系统的影响

研讨会得出结论：从物理和生物角度的影响来看，气候变化正在改变海洋及淡水物种的分布。总体来说，暖水物种正向两极靠近，其栖息地面积和生产力也发生着变化。随着气候变暖，大多数热带和亚热带海洋与湖泊生态系统生产力有可能下降，而高纬度地区的生产力则可能会提高。温度升高还会影响鱼类生理过程；不同区域和纬度的温度升高，会对渔业和水产养殖系统产生正面和负面的影响。

气候变化正在对某些生物过程的季节性产生影响，使海洋和淡水系统的食物链发生变化，对渔业生产造成难以预知的后果。物种入侵以及媒介传染疾病的风险增加也引起了更多的关注。

陆地与海洋、极地和热带地区之间的差异性变暖将会影响气候格局（如厄尔尼诺洋流）和极端天气事件（如水灾、旱灾和风暴）的强度、频率和季节性，还将影响海洋和淡水资源的稳定性。

海平面上升、冰川融化、海洋酸化以及降雨量、地下水和河水流量的变化将对珊瑚礁、湿地、河流、湖泊和河口造成重大影响，需要采取适应性措施，把握机遇，尽量减少对渔业和水产养殖系统产生的影响。

对生计的影响

研讨会指出，鱼类分布、物种构成及其栖息地的变化都要求渔业生产和水产养殖活动作出相应变化，在卸鱼地点、养殖场所以及加工设施的位置方面也要作出相应的改变。

极端事件将对基础设施造成影响，包括卸鱼和养殖地点、捕捞后处理的设施以及运输路线。极端气候还会影响海上安全，居住在低洼地区的社区会尤其危险。

水资源匮乏的压力和对水资源的争夺会影响水产养殖活动和内陆渔业生产，也可能导致依赖水源的生产活动之间的冲突增加。

生计策略也将随之改变，例如，捕捞作业时间的改变将使渔民迁移模式发生变化。

渔业内、外部的谋生手段减少，迫使改变职业，带来更大的社会压力。生计手段的多元化可以转移风险，减少冲击，但多样化的选择减少，将对生计产出带来不利影响。

渔业生产中也存在特别的性别问题，包括资源竞争、极端事件的风险、在市场、配送和加工等领域的职业变化。而目前女性在以上领域中都扮演着重要角色。

气候变化将从以下四个方面影响粮食安全：

——水生食物的“可获得性”将随栖息地、种群和物种分布的变化而变化；

——供应的“稳定性”将因季节性变化、生态系统的生产率加剧变化以及供应量的变化和风险而受到影响；

——水生食物“获取”将受到生计、捕捞作业或养殖机遇变化的影响；

——水产品的“利用”也将受到影响，例如，一些社区将需要作出调整，适应传统上不消费的物种。

渔业和水产养殖的碳足迹

研讨会一致认为，渔业和水产养殖活动在生产、运输、加工和贮藏过程中，虽然对温室气体（GHG）的排放量较小，但仍然很重要。渔业和水产养殖的衍生产业、不同的捕捞物种或养殖物种之间的排放量都有显著差异。渔业和水产养殖业基本减缓路线在于其能量消耗。与其他食品行业一样，

通过配送管理、包装和其他供应链环节的燃料和原材料的使用控制，都可以减少渔业和水产业的碳痕迹。

与其他行业相比，渔业、水产养殖及相关供应链的温室气体排放量显著较少，但目前已有明确的可行措施，来进一步减少排放量。在许多情况下，缓解气候变化与增强渔业和水产养殖业的可持续性可以相辅相成（例如，减少捕捞量、降低渔船载运量以减少能源消耗和碳排放量，并降低水产养殖业对鱼粉的依赖）。

技术创新包括降低捕捞作业和水产养殖活动的能耗，还包括建立更高效的捕捞后处理和配送系统。渔业和水产业的环境服务（例如，保护珊瑚礁、沿海边缘地区和内陆流域的质量和功能），与潜在的碳汇和其他营养物管理方式之间存在着重要的相互作用，但此方面仍需进一步研发。包括生物技术在内的遗传多样性的可持续利用，将会对效率产生特别的影响（例如对于影响较小的养殖物种和养殖系统，以及利用农作物或废料养殖肉食性水生物种，可扩大生产范围），但这需要更广泛的社会、生态和政治标准评估。

需要与其他受气候变化影响更大的行业进行比较，以明确合理的缓解措施的研发费用，但仍可以采用现有措施，通过政策影响来支持更有效的作法。

应该深入了解缓解措施在粮食安全和生计手段方面的潜在消极影响，尽量将措施合理化，减少负面影响。

适应变化

尽管在历史上，依赖资源的社区都已适应了环境的改变，预期的气候变化将使依赖渔业的社区面临额外的多重风险，可能会限制以往适应性策略的有效性。研讨会认为适应性策略需要考虑具体的背景和地区，考虑短期影响（如严重事件的频率增加）和长期影响（如水生生态系统的生产力下降）。通过提高气候变化对渔业和水产养殖影响的认识、普及教育、促进产业内外的目标行动，三个层面的适应（社区、国家和区域）都特别需要加强能力建设，并因此而受益。

通过改善渔业和水产养殖管理来提高恢复性和适应性的备选手段，包括采用适应性和预防管理作为标准方式。应采用渔业的生态系统办法（EAF）和水产养殖的生态系统办法（EAA），提高水生资源生态系统、渔业和水产养殖生产体系以及依赖水生资源的社区的抵御能力。

对鱼粉和鱼油投入品依赖较小或无依赖的水产养殖系统（例如双壳贝类和藻类），比依赖捕捞产品的生产系统有更好的发展空间。

适应性选择还包括，在产量减少或变化较大的情况下，需要使生计手段多样化，并推广水产养殖保险。

在恶劣天气更加频繁发生的情况下，要降低捕鱼和养鱼社区的脆弱性，应包括以下战略措施：为提高预测能力进行投资和能力建设；建立早期预警系统；更安全的港口和卸鱼地点；确保海上安全。更总体的是，适应策略应该促进灾害风险管理，包括灾难预防、沿海地区的综合管理等。

国家气候变化适应与粮食安全政策和项目应充分考虑渔业和水产养殖业（如无此类政策，应立即起草制定）。这将有助于确保气候变化的潜在影响被纳入到更广泛的国家发展规划中（包括基础设施建设）。

其他行业的适应措施也将对渔业产生影响，尤其是对内陆渔业和水产养殖的影响（例如，灌溉基础设施、大坝、施用的肥料的流出），这都需要仔细权衡，或考虑折中方案。

食品生产系统之间的相互作用可以缓解气候变化对渔业生产系统的影响，同时也创造了机遇。例如，三角洲地区的盐化作用导致种植业土地的减少，但却促进基于水产养殖的生计。

促进变化的选择

研讨会从国际、区域和国家层面提出了旨在减少气候变化的负面影响、提升缓解和预防能力、维持并建立适应气候变化能力的政策建议及活动。具体如下：

“发展基础知识”。在未来的发展中，为不确定性作好规划，需要考虑到突发事件增加的可能性会

更大，如极端天气和其他“意外事件”的发生频率增加。然而，以往应对气候变化和极端事件的管理实践，仍然能够对未来提供有益的经验教训，以设计强有力的应对适应体系。增加多领域的知识将十分有益，例如，对未来渔业生产水平的预测，对特定渔业和水产养殖系统受到的影响进行详细预测，改进针对不确定情况的决策手段，对受气候变化和粮食安全影响的群体加深了解，并明确如何来应对变化带来的影响。

政策、法律和实施框架。解决气候变化相互作用的潜在复杂性，消除其可能产生的影响，需要将跨部门的应对措施放在治理框架的核心位置。国家行动计划基于《负责任渔业行为守则》（CCRF）和相关国际行动计划（IPOA）以及有关的政策、法律框架和管理计划。国家适应气候变化的政策、项目和跨部门的政策框架，如粮食安全、减少贫困、应急防备及其他框架之间需要相互联系。气候变化可能引起水生资源和人的空间位移，需要强化现有区域结构和移动过程，并予以特别重视。在国际上，行业贸易和竞争问题也可能受气候变化的影响。

能力建设：技术和组织结构。应对气候变化的决策和行动规划不但涉及相关技术部门，如负责渔业、内政、科教等部门，还涉及负责国家发展规划和财政的部门。这些机构以及国内各层级社区或政治代表也应予以明确，以接受目标信息并加强能力建设。应该建立并加强公共、个人、民间社会和非政府组织等部门间的伙伴关系。

建立金融机制：在现有和新的金融机制中关注粮食安全。应从国家及国际社会的层面充分发挥现有金融机制的潜力，例如保险，来解决气候变化问题。应采取创新的方法来选择金融工具，建立有效的激励与惩罚机制。公共部门将引导并整合私营部门投资，通过市场机制的互动来实现应对气候变化和粮食安全的部门目标，公共部门将发挥重要作用。其中很多方法尚属创新，有待在行业实践中得以试用。

气候变化对海洋和内陆捕捞渔业、 水产养殖的物理与生态影响

Manuel Barange

英国普利茅斯海洋实验室

动力学国际项目办公室

普利茅斯市展望广场 3DH PL1

大不列颠及北爱尔兰联合王国

m. barange@pml.ac.uk

R. Ian Perry

加拿大海洋渔业部

太平洋生物站

加拿大不列颠哥伦比亚省纳奈莫市 V9T 6N7

Ian.Perry@dfo-mpo.gc.ca

Barange, M. ; Perry, R. I. 2009. 气候变化对海洋和内陆捕捞渔业、水产养殖的物理与生态影响// K. Cochrane, C. De Young, D. Soto and T. Bahri (编辑). 气候变化对渔业和水产养殖的影响: 当前科学知识概览. 《FAO 渔业和水产养殖技术论文》第 530 号. 罗马, 粮农组织. 7~106.

摘 要

本文审议了气候变化对海洋和内陆捕捞渔业、水产养殖的物理与生态影响。文章指出, 海洋正在变暖, 但这种变暖在地理上分布并不均匀。气候变暖导致的温度及盐度变化的混合效应有望减少海洋表层密度, 增加纵向分层, 改变表层混合。已有证据表明, 内陆水域也在变暖, 对河流径流产生了不同的影响。纵向分层的增加和海洋、湖泊水体的稳定可能减少透光区养分, 从而影响全球变暖情况下的第一、二产业。但是, 在高纬度地区, 透光区粒子的逗留时间将会增加, 导致植物生长季延长, 从而促进初级生产力的发展。虽然一些证据表明, 最近几十年里沿海上升流密度有所增加, 但全球环流模式并没有在全球范围内显示出明显的适应全球变暖的上升流模式。由于当前气候模型还未得以充分发展以解释沿海上升流的问题。也有证据表明气候变化可能影响上升流的季节性。全球范围内海平面上升的速度在增加, 特别是大西洋和墨西哥湾沿海的美洲、地中海、波罗的海、小岛国地区, 对亚洲的大型三角洲地区和地势低洼的沿海城市地区也带来了威胁。过去的 200 年间, 海洋酸化使海水 pH 降低 0.1 个单位, 模型显示, 在今后 100 年里, 海水 pH 还将降低 0.3~0.5 个单位。海洋酸化对贝类、热带珊瑚和冷水珊瑚将会产生特别严峻的影响。气候变化对海洋和内陆生态系统都会产生影响, 引起土地使用的变化, 包括泥沙负荷的变化, 水流变化及在物理-化学方面造成的变化(缺氧、分层、盐度变化)。这些过程将导致复杂结果, 会影响浮游生物和鱼类群落构成、繁殖和季节性变化过程。这将给内陆鱼类和陆基水体密集地带的食品生产系统带来更多压力, 尤其是对发展中国家的压力更大。

根据已有的观察, 气候变化对生态系统和鱼类繁殖过程产生了很多影响。虽然近几十年来全球海洋初级产业产量已略有减少, 预计在 21 世纪初级生产力将会有少量增加, 但会有很大区域差异。主要浮游植物群很有可能会发生变化。总的来说, 高纬度和高海拔地区的湖泊冰盖将会减少, 水温将会变暖, 生长季节会延长, 这会导致海藻数量增加、繁殖率提高。与此相反的情况是, 很可能由于营养

补给的减少,一些深层热带湖泊的藻类数量和繁殖率将会降低。水文循环速度的加快将很大程度上影响湖泊过程,径流量增加、排放率增大、洪涝地区和旱季水位将从各个层面(从浮游生物到鱼类)提高生产率。气候变化可能会使大部分陆地和海洋物种向两极发展,扩大暖水物种的范围,缩小冷水物种的范围。鱼类中最迅速的变化是中上层物种,由于表层水变暖,会有更多纵向移动。许多动物的迁徙时间随每10年间的洋流流向而变化。在凉爽年份里,洋流流向会比温暖年份提早1~2个月。随着气温上升,朝向两极地区的物种数量将大量增多,而朝向赤道方向的种群则因温度升高而大量减少。研究表明,过去20~140年,已有超过一半的陆生、淡水或海洋物种在生物气候学方面显示出可量化的变化。这些系统地集中表现在气候的区域变化趋势上。浮游生物的不同反应(一些对温度变化的反应,一些对光强度的反应)表明,由于捕食不匹配,海水升温可能改变海洋和淡水营养动态。尽管已经观测到病原体在向高纬度地区传播,但并无证据表明全球变暖增加了病害暴发。本文总结了气候变化在短期内带来的后果。在“很短”时间跨度内(几年之间),上升的气温将很有可能对鱼类生理机能产生负面影响,由于影响补充过程,将显著限制水产养殖、物种分布并可能改变种群丰量。温度升高对生物周期事件的时间计算也将发生变化,尤其对生命周期较短的物种,如浮游生物、鲑鱼和小型中上层鱼类。在中期时间跨度内(几年到十年间),受温度影响的生理应力、物候变化将对物种繁殖是否成功造成影响,从而影响多种海洋和水生物种丰量,尤其是对物种范围的极端界限和短寿物种产生更大影响。在长期时间跨度内(几十年间),预计气候变化的影响将体现在海洋净产出量的变化和向食物链高端的转移变化上,目前这方面的信息仍不充分。特别是压力源(例如捕鱼、污染)、临界阈值的发生时间及其产生的作用、海洋和水生生物适应能力等因素之间的相互作用,对于这些情况仍然存在相当大的不确定性,缺乏研究。需要特别关注的是,在淡水系统中,由于气候变化而导致的洪涝灾害发生的时间、强度和持续时间的变化,许多鱼类在洄游、产卵和传送鱼卵方面也会发生变化。本文预测了区域性海洋生态系统(北冰洋、北大西洋、北太平洋、沿海上升流、热带和亚热带地区、珊瑚礁、淡水系统和水产养殖系统)在全球气候变化下的反应。

致 谢

感谢 Kevern Cochrane 和 Cassandra de Young 邀请我们撰写本文,并对本文初稿提出了建设性意见。感谢 Iddya Karunasagar 提供了气候变化对海洋环境中人类病原体产生的潜在影响的相关信息。还要感谢 FAO“气候变化对渔业和水产养殖的影响”专家研讨会(罗马,2008年4月7~9日)的所有代表对本文提出的意见和建议。

目 录

1. 气候变化：海洋和淡水系统的物理基础	9
1.1 热容量及温度	9
1.1.1 海洋生态系统	9
1.1.2 内陆水域	10
1.2 海洋盐度、密度及分层	11
1.3 海洋环流和沿海上升流	12
1.3.1 经向翻转环流	13
1.3.2 沿海上升流	14
1.4 海平面上升	15
1.5 酸化和其他化学特性	15
1.6 大气-海洋和陆地-海洋交换	17
1.7 低频气候变化模式	17
2 气候变率和变化效应对生态系统和鱼类生产的已知影响	19
2.1 对气候变化敏感的生理、产卵和繁殖过程总结	20
2.1.1 气候变化对鱼类的生理影响	20
2.1.2 产卵	21
2.1.3 鱼类的补充过程和气候变化	21
2.2 初级生产力	23
2.2.1 全球海洋	23
2.2.2 区域性影响	25
2.2.3 内陆水域	28
2.3 次级生产力	28
2.4 分布变化	30
2.5 丰量变化	33
2.6 物候变化	34
2.6.1 海洋环境	34
2.6.2 内陆水域	36
2.7 物种入侵及病害	36
2.8 从浮游生物到鱼类的食物链影响	37
2.9 体系变化与其他极端生态系统事件	38
3. 气候变化对鱼类产量和生态系统的不同影响	42
3.1 总体影响	42
3.1.1 短期范围	42
3.1.2 中期范围	43
3.1.3 长期范围	43
3.2 典型研究	44
3.2.1 北极	44

3.2.2	北大西洋	44
3.2.3	北太平洋	46
3.2.4	风力驱动的沿海上升流系统	46
3.2.5	热带与亚热带海域	47
3.2.6	珊瑚礁系统	47
3.2.7	淡水系统	48
3.2.8	水产养殖系统	49
3.3	不确定性和研究缺口	50
4.	结果总结	52
4.1	气候变化：海洋与淡水系统的物理基础	52
4.1.1	热容量和温度	52
4.1.2	盐度和分层	52
4.1.3	海洋环流和沿海上升流	52
4.1.4	海平面上升	52
4.1.5	酸化和其他化学特性	52
4.1.6	大气-海洋与陆地-海洋交换	53
4.1.7	低频气候变化模式	53
4.2	气候变化对生态系统和鱼类生产过程的影响	53
4.2.1	对气候变化敏感的生理、产卵和补充过程总结	53
4.2.2	初级生产力	53
4.2.3	次级生产力	53
4.2.4	分布变化	53
4.2.5	丰量变化	54
4.2.6	物候变化	54
4.2.7	物种入侵与疾病	54
4.2.8	食物链的影响——从浮游动物到鱼类	54
4.2.9	状态转换与其他极端生态系统事件	54
4.3	气候变化对鱼类生产和生态系统的影响	54
	参考文献	58

1. 气候变化：海洋和淡水系统的物理基础

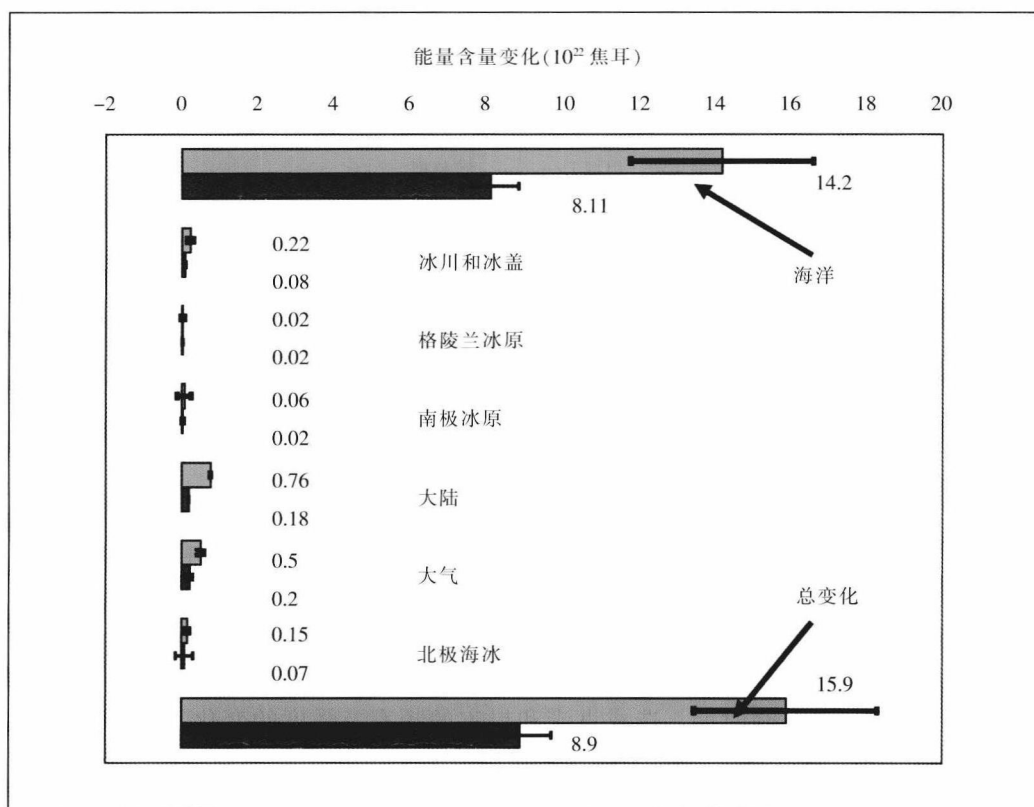
近年来，气候变化和其他人为的改变在全球、区域和流域范围内给物理作用力带来了很多长期变化。这些变化已经对海洋和淡水生态系统中鱼类和渔业生产的生物过程产生了影响，可能用来进一步评估气候变化的影响。这些物理因素包括大气环流、强度与变异模式、洋流混合、分层、水文周期和季节性模式。

1.1 热容量及温度

1.1.1 海洋生态系统

海洋对调节气候起了很重要的作用。海洋的热容量（热净吸收力）比大气要强约 1 000 倍。生物活动与物理过程很大程度上相互作用，创造了多重反馈环。例如，浮游植物吸收的热量影响着赤道气候的短期状态和平均温度（Murtugudde 等，2002；Timmermann 和 Jin，2002；Miller 等，2003），也影响着全球海洋表层平均温度（Frouin 和 Lacobellis，2002）。

人们已有显著共识，认为世界海洋自 1955 年以来明显变暖，在这一时期内，海洋温度升高占地球气候系统的能量变化超过 80%（Levitus、Antonov 和 Boyer，2005；Domingues 等，2008，图 1）。研究认为，这些变化都是人为因素所致（Bindoff 等，2007）。据估计，气候变化模型低估了海洋在过



两个时期内（1961—2003，蓝色；1993—2003，深紫色）地球系统不同成分能量含量变化情况。海洋热含量变化数据来自 Levitus, Antonov 和 Boyer (2005) 的研究；大陆热含量变化数据来自 Beltrami 等 (2002) 的研究；而据 Trenberth 等 (2001) 研究，大气能量含量也发生了变化；Hilmer 和 Lemke (2000) 的研究提供了北极冰层能量释放的数据；政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 提供了其他地球系统成分的能量含量变化数据。能量含量的变化意味着储存能量增加。全部误差估计为 90% 置信区间。目前还没有关于大陆热增量置信度的估计。相关人员根据两个不同时期内公布的结果测量得出了一些研究成果。1961—2003 年，海洋热能变化主要在 0~3 000 米层区。1993—2003 年，热能变化主要在 0~700 米（或 750 米）层区。这也被 Ishii 等 (2006)；Levitus、Antonov 和 Boyer (2005)；Willis、Roemmrichhe 和 Cornuelle (2004) 预估为平均趋势。

图 1

数据来源：Bindoff 等，2007。