

(30) 132-134

Q6 P745

“海洋种植能源”的潜力

研究员、教授、副所长 高坤山
美国藻类学会终身会员

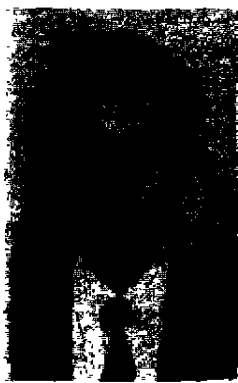
(中国科学院水生生物研究所, 湖北武汉 430072)
(汕头大学能源与环境科学研究所, 广东汕头 515063)

摘要: 随着全球环境恶化问题的日益加重, 环境意识将越来越多地影响产品和生产过程的可接受性, 并驱使下一代的经济的发展。许多国家主动推广下世纪全球需求的绿色技术 (“green” technologies)。如果削减 CO₂ 的国际协议达成, 在能源生产方面的 CO₂ 有效利用将被提到很高的位置。本文分析“海洋种植能源”的潜力及可行性, 为发展生物、能源与环境方面的交叉科学, 抛砖引玉。

种植能源
海洋种植能源
潜力 可行性

引言

世界上大部分的能源来源于非再生型的矿物燃料, 这些燃料的使用在过去 100 多年中导致了全球大气 CO₂ 浓度以及气温的升高。另外, 由燃烧矿物燃料导致的环境问题还有很多。因此, 需要开发环境和经济上能够接受的、可再生型的燃料, 来代替矿物燃料。利用海洋植物资源转化太阳能、缓解地球温室效应具有巨大的潜力^[1,2]。能源体, 如甲烷、氢气和甲醇, 都可以通过生物的降解或热化学转化海洋植物进行生产^[3]。植物还可以直接用于燃烧, 获得能量, 是理想的“种植能源”; 海洋广大, 海洋植物则是较有潜力的“海洋种植能源”。因为能源使用时释放出的 CO₂ 与植物生长时固定的 CO₂ 等量, 所以“种植能源”的使用不会导致大气中 CO₂ 的积累。以这种方式降低 CO₂ 释放量的潜力依赖于取代燃料的种类和“种植能源”的生产效率。用相当于 1GJ (10 亿焦耳) 的“种植能源”来代替煤, 可以降低相当于 1GJ 的煤被燃烧时所释放的碳量, 大约为 0.025 吨的碳^[4]。将现在开发的煤转气综合技术 (integrated gasifier/combined cycle technology) 应用



于“种植能源”, 会降低设备成本并能较快地普及这种技术, 这是因为煤需要脱硫, 而植物体则不需要。利用“种植能源”代替矿物燃料、控制 CO₂ 释放的成本可以达到零, 还有可能是负数 (有经济效益)。假设每年“种植能源”能够取代相当于 54 亿吨碳的矿物燃料, 2050 年全球 CO₂ 的排放量将降低到 1985 年的一半。利用“种植能源”来代替矿物燃料有望达到这个目标^[4]。

利用“种植能源”的成败依赖于原料大量生产的经济可行性以及燃料大规模生产的技术可行性。因此, 必须首先探讨这两种可行性, 然后才能进行技术演示、判断“种植能源”是否可以代替矿物燃料。基于这么一个概念, 海藻的

原料生产及燃料转换潜力如何? 将海藻作为“海洋种植能源”的优势何在?

海藻的生产力

许多海藻是养殖非常成功的经济藻类 (如海带、紫菜、茭蒿、裙带菜等)。海藻养殖可以在广大的海面上进行, 不需要水资源与土地的投入。那么海藻的生产力有多高呢?

• 高坤山 (GAO Kunshan) 男, 1958 年生, 中科院水生生物研究所研究员、博士生导师; 汕头大学教授、能源与环境科学研究所副所长。Journal of Applied Physiology (Kluwer Academic Publisher) 编委 (1998 年-)。于 1982 年毕业于青岛海洋大学水产学院养殖系, 同年考取国家教委选拔的出国预备研究生。1986 年 3 月获东京水产大学水产学硕士学位。1989 年 3 月获京都大学农学博士学位。1989 年 4 月至 1992 年 7 月, 任日本关西电力综合技术研究所、关西综合环境中心客座研究员。1992 年 8 月至 1994 年 12 月, 在夏威夷大学自然能源研究所从事博士后研究。1995 年 1 月回国后, 曾获国家杰出青年科学基金资助、中科院“百人计划”资助。

天然状态下,大型褐藻类(如海带、裙带菜、马尾藻等)的生产力是 $1000-3400 \text{ g cm}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ (每年每平方米海面固定 1000 至 3400 克碳)或每年每平方米生产 3300 至 11300 克的干物质^[3]。红藻的生产力与褐藻相当。养殖条件下海藻的生产力较高。养殖的海带 7 个月的时间每平方米海面生产 15000g 干物质(每公顷 150 吨)^[6]。为了判断海藻生产力的高低,可以将海藻与陆地植物的生产力进行比较。甘蔗是生产力最高的陆地植物。美国种植甘蔗的生产力是每年每公顷 61 至 95 吨(鲜重)。如果每年种植甘蔗苗的话,生产力可达到每年每公顷 180 吨^[7]。非养殖的大型海藻的生产力是每年每公顷 165—565 吨(鲜重)。当比较海藻与甘蔗最大生产力时,前者是后者的 2.8 倍。每年养殖海带的生产力可达到甘蔗最大生产力的 6.5 倍。

原料与燃料的成本

Bird^[8]讨论了在美国利用海藻制造燃料的成本。将海藻转化为燃料的成本可分为两部分:一是养殖与收获;二是生物燃料生产与纯化。有效可行的成本,以单位热量来计算,是 6 美元/GJ ($1 \text{ GJ} = 10^9$ 焦耳),也就是说,生产相当于 10^9 焦耳热的燃料,成本低干或等于 6 美元才具有可行性。这个目标是美国 General Electric Company 设立的,与将煤炭转化为天然气的成本相当^[9]。天然气的生产与纯化成本较低,高级技术系统与一般标准系统的成本分别为 2.5 和 5.5 美元/GJ。

海藻原料的成本各种各样,茫茫的成本年产量每公顷 23 吨时是 2.3 美元/GJ,年产量在每公顷 11 吨时,成本是 3.6 美元/GJ;漂浮式养殖的马尾藻,年产量在每公顷 45 至 22 吨时成本是 3.0—6.0 美元/GJ;近岸养殖的巨藻(giant kelp),年产量在每公顷 50—34 吨时成本是 3.5—5.5 美元/GJ;绳式养殖系统(如荻藻、海带)的成本高,年产量在每公顷 45—11 吨时成本是 12—44 美元/GJ。Ritschard^[1]也做了类似的估算:外海养殖巨藻的成本是 6.67 美元/GJ,近岸养殖的成本是 10.00 美元/GJ。尽管这方面的数据积累有限,但是以上数据显示了利用海藻生产燃料的潜力。对高产量的滩涂养殖、漂浮养殖以及近岸养殖系统来说,海藻原料成本加上甲烷生产与高级纯化高级技术成本的总成本(分别为 4.80、5.50 和 6.00 美元/GJ),可以达到或超过目标的生产成本(6 美元/GJ)。只有滩涂养殖的成本与一般标准甲烷生产技术成本结合的总成本(7.80 美元/GJ)接近于目标成本。然而,使用一般标准甲烷生产与纯化技术系统时,在最高养殖产量情况下三种养殖方式所产生的总成本都在超过目标值的 50% 的范围内;低产量情况下总成本从接近目标值(6.10 美元/GJ)到目标值的 192% (11.50 美元/GJ)。要使绳式养殖具有竞争力,就必须提高其养殖产量。只有产量能够稳定在每公顷 150 吨干重的水平上,这种养殖技术才值得重新考虑。Richard 对巨藻估算的、利用高级甲烷生产技术时的最低总成本是 9.17 美元/

GJ。

将陆地植物或其产物转化为乙醇的成本比较高。1989 年,巴西利用蔗糖生产了 900 万吨的乙醇,生产成本是每吨 300 美元或 12.0 美元/GJ。在美国,每年利用玉米生产 200 万吨的乙醇,生产成本是每吨 500—550 美元或 20—22 美元/GJ^[10]。加上原料成本,乙醇的总成本分别是,巴西 14.3—14.8 美元/GJ,美国 22.3—24.8 美元/GJ。将海藻转化为乙醇的总成本,利用高级技术系统的情况下是每吨 320—380 美元或 13—15 美元/GJ,使用一般技术系统时为每吨 500—570 美元或 20—23 美元/GJ^[8]。显然,利用海洋植物生产乙醇的成本比利用陆地植物要低。

潜力

据估计,在美国可以养殖海藻的海面为 230 万平方公里^[11]。每年每平方米的海面至少可生产 5 公斤的干物质;每公斤干物可产生的热量为 0.1 亿焦耳;那么美国的可利用海面可生产相当于 1.15×10^{12} 亿焦耳的燃料^[12]。按海藻干物的碳含量 30% 来计算,此海面每年可以固定 130 亿吨的 CO_2 或 34 亿吨的碳。美国每年排放的 CO_2 的量折合大约 12.8 亿吨的碳(占世界总量的 23%),是世界上排放量最多的国家^[13]。尽管如此,美国只要用其 38% 的海面养殖海藻便能回收(或重新循环)每年排放的 CO_2 。我国可以用来养殖海藻的海面,据估计,超过 150 万平方公里^[14]。利用此海面养殖海藻每年可生产相当于 7.5×10^{11} 亿焦耳的燃料,可固定 90 亿吨的 CO_2 。据估计,我国每年火力发电排放大约 6.4 亿吨的 CO_2 或 1.7 亿吨的碳^[15]。这个数字的 CO_2 , 利用我国 10% 以下的海面种植海藻就能回收。利用生物燃料发电的成本,据估计,每度电是 6—7 美分;利用煤发电的成本大约是每度电 5 美分;前者高于后者^[10]。但是,如果将碳税(每吨碳 20 美元)加上的话,利用生物燃料和煤发电的成本就基本上相同了(燃烧植物性能源不对大气添加 CO_2 , 碳税是零)。然而,只有提高海洋植物生产的经济可行性并开发经济有效的生物燃料转化技术,大规模的“海洋种植能源”生产系统的成功才有可能。

参考文献

- [1] Ritschard R L. Marine algae as CO_2 sink. *Water, Air and Soil Pollution*. 1992, 64:289
- [2] Orr J C & Sarmiento J L. Potential of marine macroalgae as a sink for CO_2 : Constraint for a 3d general circulation model of the global ocean. *Water, Air and Soil Pollution*. 1992, 64:405
- [3] Calvin M & Taylor S E. Fuels from algae. In R C Cresswell T A V Ress & N Shah, eds. *Algal and Cyanobacterial Biotechnology*. New York: Longman and John Wiley & Sons. 1989, 137—160
- [4] Hall D O, Mynick H E & Williams R H. Cooling the green house with bioenergy. *Nature*. 1991, 353:11
- [5] Gao K & McKinley K. Use of macroalgae for marine biomass production and CO_2 remediation: a review. *Journal of Applied Phycology*. 1994, 6:45

21 世纪青年学者论坛

- [6] Brinkhuis B H, Levine H G, Schlenk G G & Tobin S. Laminaria cultivation in the far east and North America, In K T Bird and P H Benson, eds. *Seaweed Cultivation for Renewable Resources*. Amsterdam: Elsevier. 1987, 107~146
- [7] Nathan R A. *Fuels from Sugar Crops*, U. S. Department of Energy. 1978
- [8] Bird K T. Cost analysis of energy from marine biomass. In K T Bird and P H Benson (eds). *Seaweed Cultivation for Renewable Resources*. Amsterdam: Elsevier. 1987. 327~350
- [9] Sullivan R J, McGinn J, Jain K & Engel M. *Systems analysis studies on marine biomass commercial application*. Philadelphia: General Electric CO. Re-Entry Systems Divisions. 1981
- [10] Elliott P & Booth R. *Sustainable biomass energy*, London: Shell International Petroleum Company Ltd. December 1990. RAC/233
- [11] Snow I T, Piper I. E, Lupton S E & Stegen G R. *Comparative assessment of marine biomass materials*. EPRI, Palo Alto, CA. 1979
- [12] Chynoweth D P, Fannin K F & Srivastava V J. Biological gasification of marine algae. In Bird K T & Benson P H, eds. *Seaweed Cultivation for Renewable Resources*. Amsterdam: Elsevier. 1987, pp. 285~303
- [13] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. New York: Cambridge University Press. 1990
- [14] 曾呈奎. 关于我国专属经济海区水产生农牧化的一些问题. *自然资源*. 1979, (1): 58
- [15] 柳瑞君. "地球变暖——大气层温室效应." *电力环境保全*. 1989, 5: 12

On the Potential of Energy of Marine Planting

Research Professor GAO Kunshan

(Institute of Hydrobiology, CAS, Wuhan 430072;
Shantou University, Guangdong 515063)

(责任编辑:史代)



美专家称世界企业正经历三大变革

美国乔治·华盛顿大学管理学教授威廉·哈拉尔最近在接受《未来时报》启示专访时指出,世界各国的企业正在经历以知识为基础的三大变革,即增强协作、分散经营和建设智能基础设施。

哈拉尔教授在其《无限的资源》一书中详细论述了这三大变革。哈拉尔认为,知识是一种独特而又无限的资源,它将对经济的发展产生革命性的影响。当知识为人们所共享和广为传播时,它作为资源的价值将会大大提高。

哈拉尔说,协作是当代商业活动中最重要的发展趋势,它使知识和构想得到更大范围的交换和共享,从而提高商业活动的效率。

第二大变革是分散经营或非集中化,即把企业分成能够

各自对经营结果负责的自我管理单位。这样能在企业内部产生“内部市场”,这种市场具有极大的灵活性,对环境变化具有较强的适应能力,能够共同组成一个效率高的整体。

第三大变革是建设智能基础设施,利用智能基础设施来为整个企业系统服务,使企业系统能够进行有效的交流和工作。

这三大变革将创造出生产力更高、盈利能力更强的新型企业。哈拉尔认为,所有的企业都将经历从集中控制走向自由分散的逆转历史过程,人们将以更高创造性的方式进行工作和学习。他预言,在今后5年里,有关逻辑、哲学和价值观念都会发生巨大变化。(新华社供本刊稿)