

整合鹼液吸收及光合作用以固定二氧化碳

潘忠政、余世宗

E-mail: 9122504@mail.dyu.edu.tw

摘要

全球溫暖化現象已成為國際環保問題之一。化石燃料燃燒所排放的二氧化碳，被公認為是引起全球溫暖化的主要原因之一。因此，降低二氧化碳的排放是緩和全球溫暖化現象的最重要工作。工業二氧化碳排放是固定排放源，排放量大且集中，是降低二氧化碳排放的重點。以微藻或光合成菌固定二氧化碳，直接利用太陽能，不會造成二次二氧化碳排放。然其二氧化碳固定速率尚不足以處理工業二氧化碳排放量。探究其原因，目前各種光生化反應器在氣體傳輸、光照條件上仍有其性能限制，無法充分發揮微藻或菌株的光合作用能力。結合化學溶劑吸收法去除效果佳及微藻利用光能還原二氧化碳的優點，乃提出整合NAOH鹼液吸收法及微藻光生化反應以固定二氧化碳的構想。此構想最明顯的難題是鹼液吸收二氧化碳後，含有大量無機碳且PH值太高，可能會抑制光合作用。因此，本研究內容分下列二部分來進行：(1) 提出NAOH鹼液吸收與光合作用整合方式及設計方法；(2) 探討培養基中無機碳濃度及光照強度對微藻生長的影響。吾人提出以連續操作方式串聯鹼液吸收與光合作用以轉化二氧化碳為生質，吸收塔使用NAOH濃度較低的溶液為吸收液，降低吸收液的PH值，以利後段光合作用的進行。光合作用系統則包括光能接收及脫氧槽兩部份。二氧化碳經脫氧槽與鹼液吸收塔兩段吸收。整合系統各單元的設計方法亦逐一闡述。整合系統轉化效率仍有待驗證。實驗結果發現以傳統的氣泡槽光生化反應器培養TETRAEELMIS CHUI，因受限於氣液間的傳輸效率，比生長速率僅為0.0105 H-1（直接通入空氣）及0.0078 H-1（有以NAOH吸收進流空氣中二氧化碳），於攪拌式的光生化反應器連續培養中，在同一 NA_2CO_3 添加濃度下，比生長速率分別為0.0334 H-1（光照強度12800 LUX）、0.0207 H-1（光照強度19000 LUX）、0.0779 H-1（光照強度26200 LUX），生長的情形較傳統的氣泡槽光生化反應器為佳。連續式光生化反應器培養實驗中，在不同 NA_2CO_3 添加濃度下（0.02、0.20、1.00、2.00G/L），當光照強度為12800 LUX時，比生長率為0.0334、0.0250、0.0240、0.0556 H-1。當光照強度為19000 LUX時，比生長率為0.0207、0.0317、0.0200、0.0407 H-1。當光照強度為26200 LUX時，比生長率為0.0779、0.0419、0.0846、0.0385 H-1。並未呈現一致之趨勢，但是隨著光照強度的增加，大部分的實驗條件下，產率均有增加之趨勢。

關鍵詞：氣體吸收塔；光生化反應器；二氧化碳；微藻；光合成菌。

目錄

第一章前言--P1 1.1研究緣起及目的--P1 1.2研究內容--P3 第二章文獻回顧--P4 2.1二氧化碳之消長--P4 2.2二氧化碳對氣候與生態之影響--P6 2.3二氧化碳之排放與減量--P9 2.4二氧化碳之處理技術--P12 2.4.1化學溶劑吸收法--P12 2.4.2物理吸收法--P12 2.4.3薄膜分離法--P13 2.4.4低溫分餾法--P13 2.4.5氧氣與二氧化碳燃燒排氣直接回收法--P14 2.4.6生物固定法--P14 2.5藻類（ALGAE）之介紹與光合作用--P17 2.5.1藻類之主要種類及培養方式--P17 2.5.2培養條件對藻體生長及二氧化碳固定之影響--P23 2.5.2.1光照強度及光源類型--P23 2.5.2.2培養之 PH值及溫度--P24 2.5.2.3二氧化碳濃度--P25 2.5.3藻類之光合作用--P26 2.6光生化反應器之類型與光強度分佈--P29 2.6.1光生化反應器之類型--P29 2.6.1.1通氣攪拌槽--P29 2.6.1.2氣泡槽--P30 2.6.1.3氣舉式槽--P30 2.6.1.4管狀光生化反應器--P31 2.6.2光生化反應器之光源與光強度分佈--P33 2.6.2.1光生化反應器之光源--P33 2.6.2.2光生化反應器之光強度分佈--P34 2.7鹼液吸收之介紹與應用--P36 2.7.1常用化學吸收液種類與性質--P36 2.7.2氣體吸收塔之種類、應用與現況--P38 2.8二氧化碳之性質、質量傳送與檢驗分析技術--P40 2.8.1二氧化碳之性質--P40 2.8.2二氧化碳之質量傳送--P40 2.8.3二氧化碳之檢驗分析技術--P43 2.8.3.1氣相層析法--P43 2.8.3.2滴定法--P43 2.8.3.3電導度法--P44 2.8.3.4總有機碳分析法--P44 第三章整合鹼液吸收及光合作用以固定二氧化碳程序--P46 3.1目的與研究項目--P46 3.2整合製程的方式與流程--P49 3.3整合設計方法--P50 第四章無機碳濃度及光照強度對微藻TETRAEELMIS CHUI生長之影響--P56 4.1藻種TETRAEELMIS CHUI與培養基成份--P56 4.2實驗設備與材料--P59 4.2.1實驗藥品--P59 4.2.2實驗設備--P61 4.3分析方法--P66 4.3.1藻體乾重的量測--P66 4.3.2無機碳分析儀器與方法--P68 4.4實驗方法--P69 4.4.1BOD BOTTLE培養實驗 - 培養基中 NA_2CO_3 添加濃度、光源種類對微藻 TETRAEELMIS CHUI生長之影響--P69 4.4.2氣泡槽培養實驗 - 培養基中 NA_2CO_3 添加濃度對微藻TETRAEELMIS CHUI生長之影響--P70 4.4.3攪拌式光生化反應器批次及連續培養實驗 - 培養基中 NA_2CO_3 添加濃度、光照強度對微藻TETRAEELMIS CHUI生長、PH 值、無機碳濃度之影響--P72 第五章無機碳濃度與光強度對微藻TETRAEELMIS CHUI生長之影響 - 實驗結果與討論--P74 5.1BOD BOTTLE培養實驗 - 培養基中 NA_2CO_3 添加濃度、光源種類對微藻TETRAEELMIS CHUI生長之影響--P74 5.2氣泡槽培養實驗 - 培養基中 NA_2CO_3 添加濃度對微藻TETRAEELMIS CHUI生長之影響--P78 5.3攪拌式光生化反應器批次培養實驗 - 培養基中 NA_2CO_3 添加濃度、光照強度對微藻TETRAEELMIS CHUI生長、PH 值、無機碳濃度之影響--P80 5.4攪拌式光生化反應器連續培養 - 進料培養基中 NA_2CO_3 添加濃度、光照強度對微藻TETRAEELMISCHUI生長、PH 值、無機碳濃度之影

參考文獻

- 1.「我國因應聯合國氣候變化綱要公約之溫室氣體排放量規劃」，行政院環境保護署空品質保證及噪音管制處，1998。
- 2.陳衍昌，「藻類與酸雨」，海洋大學水產養殖系，[HTTP://IND.NTOU.EDU.TW/~B0232/ACIDRAIN.HTML](http://IND.NTOU.EDU.TW/~B0232/ACIDRAIN.HTML)。
- 3.「全球暖化將使泥炭土中二氧化碳大舉釋出加劇溫室效應」[HTTP://MEMBERS.TRIPODASIA.COM.TW/A590116/HOT/01_10.HTM](http://MEMBERS.TRIPODASIA.COM.TW/A590116/HOT/01_10.HTM)。
- 4.「ENVIRONMENTAL SCIENCE/SIXTH EDITION」/G.TYLER MILLER, JR., PAGES 510。
- 5.徐谷，「電源開發與二氧化碳排放」，溫室效應與能源開發，第33-45頁，1998。
- 6.馬小康等，「國內CO₂溫室效應現況之研究」，第六章1-14頁，1998。
- 7.陳茂松，「二氧化碳回收及其處理技術」，臺電工程月刊，第527期，第54-59頁，1992。
- 8.葉安晉，「混合醇胺溶液 (MEA/AMP) 去除二氧化碳氣體之填充式吸收塔設計」，第十六屆空氣污染控制技術研討會論文集，1999。
- 9.朱信、邱崇銘、許家豪、施育林，「以氨水溶液去除煙道中二氧化碳之反應動力研究」，第十七屆空氣污染控制技術研討會論文集，2000。
- 10.CHEN, MAO-SUNG, 「A NEW PCF POWER PLANT WITH O₂/CO₂ COMBUSTION PROCESS FOR CO₂ RECOVERY」，臺電工程月刊，第548期，1994.4。
- 11.林俊成、李國忠，「森林資源碳吸收效果與京都議定書」，台大森林學研究所，1999。
- 12.CHEN, MAO-SUNG, 「OVERVIEW ON THE COUNTERMEASURING TECHNIQUES FOR CARBON DIOXIDE IN JAPAN'S POWER COMPANY」，臺電工程月刊，第562期，1995.6。
- 13.顧洋、何淑珠，「以紫外線/二氧化鈦光還原程序回收二氧化碳反應行為之研究」，第十四屆空氣污染控制技術研討會論文集，1997。
- 14.陳重修，「二氧化碳及二氧化硫整合性控制技術之研究」，碩士論文，國立臺灣大學環境工程研究所，2000。
- 15.王進琦，「基礎微生物學」，第217-241頁，1986。
- 16.MERCHUK J. C., RONEN M., GIRIS S., ARAD SHOSHANA (MALIS), 1998, " LIGHT/DARK CYCLES IN THE GROWTH OF THE RED MICROALGA PORPHYRIDIUM SP.", BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING VOLUME: 59, PAGES: 705-713 BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING VOLUME: 62, PAGES: 71-86.
- 17.TSYGANKOV A. A., LAURINAVICHENE T. V., 1996, " INFLUENCE OF THE DEGREE AND MODE OF LIGHT LIMITATION ON GROWTH CHARACTERISTICS OF THE RHODOBACTER CAPSULATUS CONTINUOUS CULTURES ", BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING VOLUME : 51, PAGES: 605-612.
- 18.HANS, C. P. MATTHIJS, HANS BALKE, UDO M. VAN HES, BERND M. A. KROON KROON, LUUC R. MUR, ROGER A. BINOT, 1996, " APPLICATION OF LIGHT-EMITTING DIODES IN BIOREACTORS: FLASHING LIGHT EFFECTS AND ENERGY ECONOMY IN ALGAL CULTURE (CHLORELLA PYRENOIDOSA) " , BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING VOLUME: 50, PAGES: 98-107.
- 19.林安秋，「作物之光合作用」，第141-145頁，1991。
- 20.CLAIR N. SAWYER , PERRY L. MCCARTY , GENE F. PARKIN , 「CHEMISTRY FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING , 4/E」，PAGES: 485-506.
- 21.MAZZUCA SOBCZUK T. GARC, CAMACHO F., CAMACHO RUBIO F., ACI FERNDEZ F. G., MOLINA GRIMA E., 2000, " CARBON DIOXIDE UPTAKE EFFICIENCY BY OUTDOOR MICROALGAL CULTURES IN TUBULAR AIRLIFT PHOTOBIOREACTORS ", BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING VOLUME: 67, PAGES: 465-475.
- 22.葉育材，「光合作用 - 植物生產力的生理基礎」，第189-206頁，1979。
- 23.梅鎮安、孫琦、容壽榆編著，「光合作用」，淑馨出版社、北京大學出版社合作出版，第99-102頁，1991。
- 24.邱承美譯，「基礎生物化學」，第362頁，1987。
- 25.BOROWITZKA MA., 1996, " CLOSED ALGAL PHOTOBIOREACTORS : DESIGN CONSIDERATIOND FOR LARGE-SCALE SYSTEMS. " , J.MAR BIOTECHNOL VOLUME : 4,PAGES 185-191.
- 26.王敏盈，「培養藻類於新型光化學生物反應器以進行二氧化碳之固定」，中興大學農業生物科技研究所，國科會/環保署環保科技合作研究計劃，NSC88-EPA-Z-005-004 (空污費精簡報告)，1999。
- 27.張志強，「光合菌在光生物反應器產氫之研究」，碩士論文，國立中央大學化學工程研究所，2000。
- 28.ACIE N FERNDEZ F. G., SCHEZ PEZ J. A., FERNDEZ SEVILLA J. M., GARC CAMACHO F., MOLINA GRIMA E, 2000, " MODELING OF EICOSAPENTAENOIC ACID (EPA) PRODUCTION FROM PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM CULTURES IN TUBULAR PHOTOBIOREACTORS. EFFECTS OF DILUTION RATE, TUBE DIAMETER, AND SOLAR IRRADIANCE " BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING VOLUME: 68, PAGES: 173-183.
- 29.MORITA MASAHIKO, WATANABE YOSHITOMO, SAIKI HIROSHI ,2000," INVESTIGATION OF PHOTOBIOREACTOR DESIGN FOR ENHANCING THE PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF MICROALGAE " BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING VOLUME: 69, PAGES: 693-698.
- 30.BORODIN V. B., TSYGANKOV A. A., RAO K. K., HALL D. O., 2000, " HYDROGEN PRODUCTION BY ANABAENA VARIABILIS PK84 UNDER SIMULATED OUTDOOR CONDITIONS " BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING VOLUME: 69, PAGES: 478-485.
- 31.YOHITOMO WATANABE ET AL., 「DEVELOPMENT OF A PHOTOBIOREACTOR INCORPORATING CHLORELLA SP. FOR REMOVAL OF CO₂ IN STACK GAS」，ENERGY CONVERS. MGMT VOL.38: 4,PAGES S499-S503, 1997.
- 32.陳龍英，「物理學 (下)」，三民書局，第29-31頁，1990。
- 33.CLAUS FLEISCHER., STEFAN BECKER., GERHART EIGENBERGER.,1996, " DETAILED MODELING OF THE CHEMISORPTION OF CO₂ INTO NAOH IN A BUBBLE COLUMN ", CHEMICAL ENGINEERING SCIENCE VOLUME : 51, NO. 10 , PAGES: 1715-1724
- 34.工業污染防治技術手冊，「廢氣濕式處理」，經濟部工業局，1995.6。
- 35.黃榮茂等，「化學化工百科辭典」，第182-183頁，曉園出版社，1992。
- 36.呂誌翼、白淑玲、張富龍、陳啟祥，「利用二氧化碳藻類的研究與其應用」，溫室效應與能源開發，第94-108頁，中華生質能源學會，(1997)。
- 37.陳俊興，「利用海洋微藻生產 -3族系之多元不飽和脂肪酸」，碩士論文，私立大葉大學食品工程研究所，1996。
- 38.TSYGANKOV A. A., BORODIN V. B., RAO K. K., HALL D. O, 1999," H₂ PHOTOPRODUCTION BY BATCH CULTURE OF ANABAENA VARIABILIS ATCC 29413 AND ITS MUTANT PK84 IN A PHOTOBIOREACTOR "

BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING VOLUME: 64, PAGES: 709-715 39.CAMACHO RUBIO F., ACIEN FERNDEZ F. G., SCHEZ PEZ J. A., GARC CAMACHO F., E. MOLINA GRIMA, 1999, " PREDICTION OF DISSOLVED OXYGEN AND CARBON DIOXIDE CONCENTRATION PROFILES IN TUBULAR PHOTOBIOREACTORS FOR MICROALGAL CULTURE 40.KURANO, N., IKEMOTO, H., MIYASHITA, H, HASEGAWA, T. HATA, H., AND MIYACHI, S. , 1995, "FIXATION AND UTILIZATION OF CARBON DIOXIDE BY MICROALGAL PHOTOSYNTHESIS" ; ENERGY CONVERS. MGMT VOL. 36, NO.6-9, PP.689-692,1995. 41.YOSHITOMO WATANABE AND DAVID O. HALL, 1996,"PHOTOSYNTHETIC CO2 FIXATION TECHNOLOGIES USING A HELICAL TUBULAR BIOREACTOR INCORPORATING THE FILAMENTOUS CYANOBACTERIUM SPIRULINA PLATENSIS" ENERGY CONVERS. MGMT VOL. 36, NO. 6-9, PP. 721-724, 1995. 42.E. MOLINA GRIMA, F.G. ACIEN FERNANDEZ, F. GARCIA CAMACHO, YUSUF CHISTI, " PHOTOBIOREACTORS: LIGHT REGIME ,MASS TRANSFER, AND SCALEUP" JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY 70 PP. 231-247,1999. 43.F. GARCIA CAMACHO, E. MOLINA GRIMA, F.G. ACIEN FERNANDEZ, " USE OF CONCENTRIC-TUBE AIRLIFT PHOTOBIOREACTORS FOR MICROALGAL OUTDOOR MASS CULTURES" ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY 24: PP. 164-172,1999. 44.SATOSHI HIRATA, MASAO HAYASHITANI, MASAHITO TAYA, AND SETSUJI TONE, "CARBON DIOXIDE FIXATION IN BATCH CULTURE OF CHLORELLA SP. USING A PHOTOBIOREACTOR WITH A SUNLIGHT-COLLECTION DEVICE",JOURNAL OF FERMENTATION AND BIOENGINEERING VOL. 81, NO.5 ,470-472, 1996. 45.JAMES C. OGBONNA, HIROKAZU YADA, AND HIDEO TANAKA, " KINETIC STUDY ON LIGHT-LIMITED BATCH CULTIVATION OF PHOTOSYNTHETIC CELLS", JOURNAL OF FERMENTATION AND BIOENGINEERING VOL. 80 ,NO.3,256-264,1995. 46.KATHRYN G. ZEILER,DANA A. HEACOX, SUSAN Y. TOON, "THE USE OF MICROALGAE FOR ASSIMILATION AND UTILIZATION OF CARBON DIOXIDE FROM FOSSIL FUEL-FIRED POWER PLANT FLUE GAS" ,ENERGY CONVERS. MGMT VOL.36 , NO.6-9 , PP. 707-712, 1995. 47.PAITOON TONTIWA CHWUTHIKUL, ADISORN AROONWILAS" MECHANISTIC MODEL FOR PREDICTION OF STRUCTURED PACKING MASS TRANSFER PERFORMANCE IN CO2 ABSORPTION WITH CHEMICAL REACTIONS.",CHEMICAL ENGINEERING SCIENCE 55, PP.3651-3663,2000. 48.CHRISTIE J. GEANKOPLIS, 「 TRANSPORT PROCESSES AND UNIT OPERATIONS, 2/E 」 , PAGES:572-621.