

# 引導式仿生教學對大學生自然觀察智能與仿生設計能力之影響

周鴻騰<sup>1\*</sup>、王順美<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立臺灣師範大學環境教育研究所博士

<sup>2</sup> 國立臺灣師範大學環境教育研究所副教授

## 摘要

本研究於台灣北區某一科技大學環境工程系的課程中導入仿生學，探討接受「引導式仿生教學」的大學生在「自然觀察智能」、「仿生設計能力」之提升成效。本研究採用「不等組前測-後測設計」，結合問卷和實作歷程檔案評量進行研究資料收集。實驗組1接受全套仿生教學(N=43)、實驗組2接受半套仿生教學組(N=30)、控制組接受原有教科書講述教學(N=35)，三組分別進行前測、後測與延宕測，結果發現：(1)實驗介入後，二組實驗組之自然觀察智能較無法於短時間內顯著提升，長時間戶外觀察、累積飼養經驗或覺察生活細節將有助於提升自然觀察智能。(2)接受全套與半套仿生教學皆比傳統教科書講述教學，能有效提升仿生設計能力，更且，接受全套教學比半套教學在一個月後能維持較佳的延宕效果。(3)從實作歷程中發現一般學生產生的困難點在於對應相似性、分析科學原理與仿生設計等；而個案學生能主動建立學域特定知識與擁有較高的後設認知能力，故能展現較佳的類推聯想能力，進而提升了仿生設計能力。(4)課程結束後，學生表示擁有更多創新解決問題的點子、興趣與好奇心並且願意繼續主動探索。

**關鍵字：** 引導式仿生教學、自然觀察智能、仿生設計能力

---

投稿日期：2015年12月25日；接受日期：2016年03月05日

\* 通訊作者

## 陸、參考文獻

- 丑宛茹(2013)。向自然學習的仿生設計。**實踐設計學報**，7，114-127。
- 吳明隆(2006)。**SPSS 統計應用學習實務—問卷分析與應用統計**。臺北：知城數位。
- 宋曜廷、潘佩妤(2010)。混合研究在教育研究的應用。**教育科學研究期刊**，55(4)，97-130。
- 李心瑩(譯)(2000)。**再建多元智慧：21世紀的發展前景與實際應用**(原作者：H. Gardner)。臺北：遠流。(原著出版年：1999)
- 周瑩(譯)(2014)。**大自然藝術：有趣的仿生學**(原作者：C. Schlitt)。中國：電子工業出版社。(原著出版年：2012)
- 張宇樑、吳楸椒(譯)(2011)。**研究設計：質性、量化及混合方法取向**(原作者：Creswell, J. W.)。臺北：學富文化。(原著出版年：1994)
- 郭俊賢、陳淑惠(譯)(1998)。**多元智慧的教與學**(原作者：L. Campbell, B. Campbell, & D. Dickinson)。臺北：遠流。(原著出版年：1996)
- 陳依信(2014)。自然觀察智能的躍升—從潛能到才能。**資優教育論壇**，12，55-65。
- 蔡崇建、高翠霞(2002)。**Gardner 自然觀察智能理念析論與概念建構之探究**。**初等教育學刊**，11，251-274。
- 蔡崇建、高翠霞(2003)。自然觀察智能課程發展與設計的後設分析--以「少年達爾文冬令營」為例。**資優教育研究**，3(1)，1-20。
- 盧秀琴(2013)。科學戶外教學探討環境資源與生態保育。**國民教育**，53(4)，56-63。
- 羅幸惠(譯)(2004)。**筆記大自然**(原作者：C. W. Leslie, & C. E. Roth)。臺北：鄉宇文化。(原著出版年：2000)
- Armstrong, T. (2000). *Multiple intelligences in the classroom*. Alexandria, VA: Association for Supervision & Curriculum Development.

- Arnold, G. (2012). Enhancing college students' environmental sensibilities through online nature journaling. *Environmental Education Research, 18*(1), 133-150. doi: 10.1080/13504622.2011.589000
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by Nature*. New York, NY: William Morrow and Co, Inc.
- Biomimicry Institute (2012a). *Case examples*. Retrieved from <http://biomimicry.net/about/biomimicry/case-examples/>
- Biomimicry Institute (2012b). *Ask nature*. Retrieved from <http://www.asknature.org/>
- Biomimicry Institute (2012c). *Biomimicry design approaches: A guide for K-12 teachers*. Retrieved from <http://biomimicry.net/about/biomimicry/case-examples/>
- Bransford, J. D., & Schwartz, D. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. *Review of Research in Education, 24*, 61-100. doi: 10.3102/0091732X024001061
- Büchel, F. P. (2000). Metacognitive control in analogical reasoning. In W. J. Perrig & A. Grob (Eds.), *Control of human behavior, mental processes, and consciousness* (pp.203-224). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Cattano, C., Nikou, T., & Klotz, L. (2010). Teaching systems thinking and biomimicry to civil engineering students. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice, 137*(4), 176-182. doi: 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000061
- Chou, A., & Shu, L. H. (2015). Using analogies to explain versus inspire concepts. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 29*(2), 135-146. doi: 10.1017/S0890060415000025
- Chung, N. Y. (2003). The effect of teaching-learning activities in the agricultural education area in the practical arts subjects to improve the naturalist intelligence level. *Journal of Korean Agricultural Education, 35*(1), 73-82.
- Coleman, E. B., & Shore, B. (1991). Problem-solving processes of high and average performers in physics. *Journal for the Education of the Gifted, 14*, 366-379. doi:

10.1177/016235329101400403

- Companion, M., Laurie, J., & Shaw, G. (2002). Education for sustainability: An ecological approach. *Green Teacher*, 68, 6-11.
- Creswell, J. W., & Clark, P. V. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Dyment, J., & O'Connell, T. (2007). Journal writing on wilderness expeditions as a tool for sustainability education: Reflections on the Potential and the Reality. *Applied Environmental Education and Communication*, 6(2), 139-148. doi: 10.1080/15330150701598189
- Eggermont, M. (2007, July). *Biomimetics as problem-solving, creativity and innovation tool*. Paper presented at the Canadian Design Engineering Network (CDEN) and the Canadian Congress on Engineering Education (C2E2) Conference, University of Manitoba Winnipeg, Manitoba. Retrieved from <http://library.queensu.ca/ojs/index.php/PCEEA/article/view/3767/3812>
- Frankic, A., Greber, L., & Farnsworth, M. (2011). Teaching and learning with nature using a biomimicry-based approach to restore. *Annual Review of Marine Science*, 1, 117-141.
- Gardner, G. E. (2012). Using biomimicry to engage students in a design-based learning activity. *The American Biology Teacher*, 74(3), 182-184. doi: 10.1525/abt.2012.74.3.10
- Gentner, D. (1988). Metaphor as structure-mapping: The relational shift. *Child Development*, 59, 47-59. doi: 10.2307/1130388
- Glock, J., Wertz, S., & Meyer, M. (1999). *Discovering the naturalist intelligence: Science in the school yard*. Tucson, AZ: Zephyr Press.
- Hofmann, K. (2004). *Nature journaling: A creative path to environmental literacy (A Guide for Grades 4-8)*. Stevens Point, WI: The Wisconsin Environmental Education Board [WEEB].
- Holyoak, K. J. (1984). Analogical thinking and human intelligence. In R. J. Sternberg

- (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, Vol. 2 (pp. 199-230). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Holyoak, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, *15*, 332-340. doi: 10.3758/BF03197035
- Kellert, S. R., & Wilson, E. O. (1993). *The biophilia hypothesis*. Washington, D.C.: Island Press.
- Kelley, T. (2007). Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, *161*(7), 718-718. doi: 10.1001/archpedi.161.7.718
- Leeming, F. C., Porter, B. E., Dwyer, W. O., Cobern, M. K., & Oliver, D. P. (1997). Effects of participation in class activities on children's environmental attitudes and knowledge. *The Journal of Environmental Education*, *28*(2), 33-42. doi: 10.1080/00958964.1997.9942821
- Lucas, A. M. (1980). The role of science education in education for the environment. *The Journal of Environmental Education*, *12*(2), 33-37. doi: 10.1080/00958964.1981.10801898
- Maczulak, A. E. (2010). *Environmental engineering: Designing a sustainable future*. New York: Facts On File.
- Malcolm, J., & Ruano, D. S. (2015, June). *Using Nature to inspire design values, issues & ethics*. Paper presented at the 3rd International Conference for Design Education Researchers, Chicago, Illinois. Retrieved from [http://www.academia.edu/14426278/Using\\_nature\\_to\\_inspire\\_Design\\_Values\\_Issues\\_and\\_Ethics](http://www.academia.edu/14426278/Using_nature_to_inspire_Design_Values_Issues_and_Ethics).
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, *26*, 49-63.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook (2nd ed.)*. London & Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Orr, D. W. (1992). *Ecological literacy: Education and the transition to a postmodern*

*world*. Albany, NY: State University of New York Press.

- Rule, A. C., Baldwin, S., & Schell, R. (2008). Second graders learn animal adaptations through form and function analogy object boxes. *International Journal of Science Education, 30*(9), 1159-1182. doi: 10.1080/09500690701385266
- Schroeter, D. L. (2010). Introducing biomimicry. *Green Teacher, 88*, 13-16.
- Staples, H. (2005). *The integration of biomimicry as a solution-oriented approach to the environmental science curriculum for high school students*. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=ED490541>
- Stapp, W. B., & Polumnin, N. (1991). Global environmental education: Toward a way of thinking and acting. *The Journal of Environmental Conservation, 18*(1), 13-18. doi: 10.1017/S037689290002124X
- United Nations Environmental Program [UNEP] (2008, May). *Nature's 100 best initiatives publishes preliminary findings on how to green the global economy*. Retrieved from <http://www.solutions-site.org/node/317>
- Wilson, J. O., Rosen, D., Nelson, B. A., & Yen, J. (2010). The effects of biological examples in idea generation. *Design Studies, 31*(2), 169-186. doi: 10.1016/j.destud.2009.10.003
- Zari, M. P. (2010). Biomimetic design for climate change adaptation and mitigation. *Architectural Science Review, 53*(2), 172-183. doi: 10.3763/asre.2008.0065

## 柒、附錄

附錄 1 學生自然觀察智能與仿生設計能力自評量表

自然觀察智能		少許符合	部分符合	大部分符合	完全符合
感受	1. 在戶外自然生態環境時常常感到很「舒適自在」	1	2	3	4
	2. 對大自然的事物保持「高度的學習興趣」	1	2	3	4
	3. 在遇到問題時，會沉浸到大自然中「找尋啟發或靈感」	1	2	3	4
	4. 會感受並且「注意到微小事物的變化」	1	2	3	4
具體觀察行動	5. 喜好「利用工具」來觀察生物，如放大鏡、望遠鏡、顯微鏡等	1	2	3	4
	6. 喜愛為動物、植物或是生態環境「寫生素描或照相」	1	2	3	4
	7. 會選擇閱讀、觀看有關動植物或是生態環境的「書籍或節目」	1	2	3	4
仿生設計能力		非常少	少	多	非常多
仿生物學的知識	8. 關於生物學中，生物適應環境而演化出「不同適應方式」等知識	1	2	3	4
	9. 關於「生態學」中，食物鏈(網)、能量流動與物質循環、生物與環境因子的交互關係等知識	1	2	3	4
	10. 關於因應環境問題，「所認識的仿生學解決方案」數量	1	2	3	4
	11. 評估自己在學校和日常生活中面對的環境問題，「能選	1	2	3	4

擇相對應仿生學解決方案的數量					
仿生類推聯想技能	12. 評估自己能「簡單分類動物或植物生活與生存方式」的能力	1	2	3	4
	13. 評估自己能很快地注意到兩種相似的動物或植物之間，有什麼「相似或是不同」地方的能力	1	2	3	4
	14. 評估自己在豐富多樣的生物中，能「挑選一個具有啟發性的生物」的能力	1	2	3	4
	15. 評估自己能「描畫某特定生物的適應形態」，包括：結構、肌理、色澤、偽裝或保護色等的能力	1	2	3	4
	16. 評估自己能「歸納特定生物其原理或機制」的能力	1	2	3	4
	17. 評估自己能類推原理或機制，將其應用在「解決特定環境問題」的能力	1	2	3	4
	改良或新發明的設計能力	18. 評估自己能夠「描畫仿生產品草圖」的能力	1	2	3
19. 評估自己能「改良既有的仿生產品原型」的能力		1	2	3	4
20. 評估自己能「發明一個與眾不同的仿生產品」的能力		1	2	3	4
21. 評估自己改良或發明一個仿生產品，其「實用且可行」的能力		1	2	3	4
22. 評估自己改良或發明一個仿生產品，「對環境友善」的能力		1	2	3	4
23. 評估自己改良或發明一個仿生產品，其材質「無毒且安全」的能力		1	2	3	4



附錄 2 審閱者評定學生實作歷程檔案檢核表

1. 評分者：\_\_\_\_\_
2. 評分實作報告之編號(即學號後 3 碼)：\_\_\_\_\_
3. 請您就大學生實作報告的實際情形，由 1-4 圈選一個適當的數字，數字愈大表示給的分數愈高，數字愈小表示給的分數愈低。

實作歷程檔案 A (自選仿生案例探討)之評量項目	改善	加油	不錯	很好
1. 以明確的圖片與文字，簡要介紹仿生案例的 <b>主題</b> 。 ● 註：除了圖說之外，能用紅色圖框標示出生物與仿生產品兩者相似之處。	1	2	3	4
2. 畫出並寫出此種生物的 <b>特徵</b> 、以及仿生產品的 <b>特徵</b> 。 ● 註：畫出和寫出生物的特徵，包括形態、功能、結構、行為，擇一書寫即可。	1	2	3	4
3. 觀察與分析此種生物與仿生產品，兩者之間的 <b>相似與不相似</b> 之處。 ● 註：寫出生物與仿生產品的特徵、兩者之間的相似性、不相同之處以及容易混淆之處。	1	2	3	4
4. 描述此種生物的生存適應的特色，最主要的 <b>原理或是機制</b> 。 ● 註：依生物的特色而擇一寫出：(1)物理學原理。(2)化學原理。(3)生物學原理。(4)生態科學原理。	1	2	3	4
5. 描述模仿此種生物的特色，是應用來 <b>解決環境領域中的特定問題</b> 。 ● 註：聚焦於那一個環境領域，包涵災害防救、自然保育、公害防治、環境及資源管理、林農牧漁業生產、醫療科技、節能減碳...等，擇一書寫即可。	1	2	3	4
實作歷程 B (仿生產品設計草圖)之評量項目	改善	加油	不錯	很好
1. 聚焦想要解決 <b>那一種環境領域中的問題</b> 。 ● 註：擇一寫出上述的環境領域，或是指出過去很少人注意到的環境問題。	1	2	3	4
2. 選擇能夠解決此問題的某個生物物種，及其 <b>生存適應的特色</b> 。 ● 註：依生物的特色而擇一寫出：形態上的適應、生理上的適應、行為上的適應	1	2	3	4

---

分析此生物適應特色的 <u>機制與原理</u> 。				
3.	● 註：依生物的特色而擇一寫出：(1)物理學原理。(2)化學原理。(3)生物學原理。(4)生態科學原理。	1	2	3 4

---

依此類推聯想這些原理與機制，可以 <u>設計製作出什麼樣的仿生產品</u> 。				
4.	● 註：改良前人的仿生設計原型，使人看到改良後的構想。或是創造一個與眾不同的仿生設計，提供一個解決問題的新構想。	1	2	3 4

---

畫出產品 <u>改良或創新的設計草圖</u> 。				
5.	● 註：除了畫出設計草圖之外，尚考量到此仿生設計構想的產品可行性、實用性、永續性、無毒性。	1	2	3 4

---

**作者簡介：**

周鴻騰 國立臺灣師範大學環境教育研究所博士

電話：0952-643-633

電子郵件：xuanlingteacher@gmail.com

通訊處：11677 臺北市文山區汀州路 4 段 88 號行政大樓 306 室

王順美 國立臺灣師範大學環境教育研究所副教授

電話：02-7734-6554

電子郵件：T73004@gmail.com

通訊處：11677 臺北市文山區汀州路 4 段 88 號行政大樓 306 室

**Chow, Hong-Teng**

PhD, Graduate Institute of Environmental Education, National Taiwan Normal University

Tel: 0952-643-633

E-mail: xuanlingteacher@gmail.com

Address: No.88, Sec. 4, Tingzhou Rd., Wenshan Dist., Taipei City 116, Taiwan (R.O.C.)

**Wang, Shun-Mei**

Associate Professor, Graduate Institute of Environmental Education, National Taiwan Normal University

Tel: 02-7734-6554

E-mail: T73004@gmail.com

Address: No.88, Sec. 4, Tingzhou Rd., Wenshan Dist., Taipei City 116, Taiwan (R.O.C.)

## **Investigating the Effectiveness of Guided Biomimicry Teaching on Naturalist Intelligence and Biomimicry Design for Environmental Engineering Students**

**Chow, Hong-Teng<sup>1\*</sup>, Wang, Shun-Mei<sup>2</sup>**

*<sup>1.</sup> PhD, Graduate Institute of Environmental Education, National Taiwan Normal University*

*<sup>2.</sup> Associate Professor, Graduate Institute of Environmental Education, National Taiwan  
Normal University*

### **Abstract**

This study assessed the effects of guided biomimicry teaching in the program of environmental engineering on improving undergraduate students' ability of naturalist intelligence and biomimicry design. The research design adopted the quasi-experimental and nonequivalent pretest-posttest design, and data collection was completed by using questionnaire and portfolio assessment. Experimental Group 1 received complete biomimicry teaching (N=43). Experimental Group 2 received one-half of this biomimicry teaching (N=30). The control group received didactic instruction without any biomimicry teaching (N=35). The outcomes of the intervention were measured by questionnaires before the course (pre-test), after the course (post-test), and four weeks after the intervention (follow-up test). The main research results are as follows: (1) Post-test and follow-up test results showed that the naturalist intelligence of the two experimental groups did not improve significantly. However, outdoor observation, breeding animals, and carefully observing details of life were helpful in increasing naturalist intelligence. (2) The two experimental groups achieved higher biomimicry design scores than the control group. Furthermore, after four weeks, the biomimicry design scores of Experimental Group 1 were significantly better than those of Experimental Group 2. (3) Portfolio assessment revealed that students had difficulties with comparing and finding similarities, analysis of scientific

principles, and biomimicry design. Analogical thinking skill and biomimicry design ability could be improved with better domain-specific knowledge and meta-cognitive skills. (4) After the course, students have new ideas of environmental problem solving, and also show more interest, curiosity, and active exploration to biomimicry.

**Key words:** guided biomimicry teaching, naturalist intelligence, biomimicry design

