

以BIM為基礎之漁電共生檢討與日照模擬

賴庠豪(Xiang-Hao Lai)
朝陽科技大學營建工程系學士

游翔皓(Hsiang-Hao Yu)
朝陽科技大學營建工程系碩士生

*周冠霆(Kuan-Ting Chou)
朝陽科技大學營建工程系碩士生

王琨淇(Kun-Chi Wang)
朝陽科技大學營建工程系助理教授

摘要

過去設置太陽能設施時，往往需要較大的用地面積，漁電共生係以太陽能發電設施結合養殖漁業，妥善利用魚塭之水上空間設置太陽能設施，實現高土地利用。漁電共生之設置重點，需要對太陽能設施受日照之情況進行日照分析。過去日照分析可透過建置漁電共生設施之BIM模型，導入能源分析軟體取得漁電共生設施之日照影響時數或日照影響狀況等資訊，以分析太陽能發電效益。

能源分析軟體具有較完整之工具與功能，能夠提供完整的日照分析，同時也需要進行較多的操作與設定，且日照分析成果也較難向非能源專業之協作人員與業主進行多方討論與行銷展示。然而，漁電共生若施工中發現設計錯誤或不符規範等問題，經常會因為重工導致耗費多餘的時間、金錢與人力。因此，需要一種較以往日照分析簡易之檢討與展示方式，提供漁電共生在設計規劃階段，有效地為其設計內容進行規範與遮陰之檢討及行銷展示。

針對上述問題，本研究以台灣嘉義縣某養殖池為例，建置BIM模型，分別進行漁電共生之設施檢討與法規檢核。並對整年日照時間最長與日照時間最短之兩段時間進行日照模擬，探討夏至與冬至上午07:00至下午17:00之遮陰情況。結果顯示，透過BIM整合Lumion之日照模擬，可輔助漁電共生於設計規劃階段進行設施規格、法規與遮陰檢討及行銷展示，減少可能之問題發生以避免不必要之資源浪費。

關鍵詞：BIM、漁電共生、日照模擬

Review of Fishery-Electricity Symbiosis and Sunlight Simulation Based on BIM

Abstract

When setting up solar energy facilities in the past, it often required a larger land area. The concept of "fishery-electricity symbiosis" involves combining solar power generation facilities with aquaculture, making efficient use of the water surface area of fish ponds to install solar energy facilities and achieve high land utilization. The key to the installation of fishery-electricity symbiosis lies in conducting sunlight analysis to assess the solar energy facilities' exposure to sunlight. In the past, sunlight analysis could be performed by creating a Building Information Modeling (BIM) model of the fishery-electricity symbiosis facility and using energy analysis software to obtain information on sunlight hours or sunlight exposure conditions, which are used to analyze the benefits of solar power generation.

Energy analysis software offers comprehensive tools and functionalities for sunlight analysis but requires more operations and settings. Moreover, it can be challenging to discuss and present the results of sunlight analysis to non-energy professionals and project stakeholders. However, if errors or non-compliance with regulations are discovered during the construction of fishery-electricity symbiosis projects, it often leads to additional time, money, and manpower being expended due to rework. Therefore, there is a need for a simpler review and presentation method for sunlight analysis compared to traditional approaches. This would effectively enable the review of design elements and shading for fishery-electricity symbiosis projects during the design and planning phases and facilitate marketing presentations.

To address these issues, this study uses a fish farm in Chiayi County, Taiwan, as an example to build a BIM model and conduct facility reviews and regulatory checks for fishery-electricity symbiosis. Sunlight simulations are performed for the longest and shortest daylight periods throughout the year, focusing on shading conditions from 7:00 AM to 5:00 PM during the summer solstice and winter solstice. The results show that by integrating BIM with sunlight simulations using Lumion, fishery-electricity symbiosis projects can conduct facility specification, regulatory compliance, shading review, and marketing presentations during the design and planning phases. This helps reduce the likelihood of issues arising and prevents unnecessary resource wastage.

Keywords : BIM, fishery-electricity symbiosis, sunlight simulation

一、前言

近年來，環境中幾乎無所不在的太陽資源成為眾多科學家的研究對象，並使太陽能發電成為了一種能源替代方式[1], [2]。由於太陽能設施所需用地面積大，因此如何妥善利用土地資源來設置太陽能設施，對於國土地狹的國家是不可忽視問題[3]。而針對如何善用土地來達到再生能源效益，漁電共生就是一個適合的方案。

根據漁電共生之原理，係以太陽能發電設施結合養殖漁業，妥善利用魚塢之水上空間設置太陽能設施，實現高土地利用[3]。對於太陽能發電之設置，考量到了國內沿海地區分布著許多魚塢。且根據漁業署統計，全國於2017年之魚塢共有18,000公頃，其中這些地區的特性就是日照時間長、陽光遮蔽物少與太陽資源充足。因此，若國內也能妥善權衡養殖漁業與太陽能發電之共生模式，也可為國內能源議題產生一定之幫助[4], [5]。

對於太陽能設施之設置重點，除了如何降低對魚塢運作之影響外，最重要的即需考量日照能源效益[6]。過去可透過建置BIM模型並導入能源分析軟體，於能源分析軟體輸入能源性質與環境參數，對構造物進行較完整之能源分析，以取得構造物之熱能、風能或碳排放等資訊，並在過程中檢視日照作用在BIM模型之情況，取得遮陰影響時數或遮陰影響狀況。

進行完整日照分析之操作與設定過程較繁複，且專業的日照分析圖表，較難對非能源分析專業之協作人員或業主，進行多方討論。漁電共生若在施工中發現設計錯誤或不符合規範等問題，經常會因為重工導致耗費多餘的時間、金錢與人力[7]。因此，若能在漁電共生設計規劃階段，透過BIM模型以及較簡易之日照分析方式，進行法規檢討與遮陰檢討，即可輔助漁電共生提高設計檢討效率，並降低重工導致之成本增加。

二、文獻回顧

以往除了須要考量漁電共生之遮陰問題外，太陽能設施佈局與傾斜度等設計因素也是漁電共生重要的一環[8]。為確保構造物的性能最大化，並避免重工導致的成本與資源浪費，在設計階段即須為構造物進行能源分析[7]。其中為取得日照情況等能源資訊，可建立漁電共生BIM模型，並為模型輸入能源分析所需參數。最後，將模型導入能源分析軟體設置環境條件，進行日照分析[9]。

過去使用之能源分析軟體能夠提供完整的日照分析，惟其過程較繁瑣複雜，且呈現之日照畫面較虛擬。若漁電共生在設計階段，能透過較簡易之日照分析方法與畫面較真實之日照模擬，針對遮陰問題、設施佈局或傾斜度等設計進行檢討，即可輔助漁電共生較快速的檢視並修改其設計規劃內容，降低後續因重工導致的資源浪費風險。

三、BIM為基礎之漁電共生檢討與日照模擬

為使漁電共生在設計規劃階段，能取得真實環境之日照與遮陰情況等資訊，可透過Lumion，針對遮陰問題、設施佈局或傾斜度等設計進行檢討。本研究透過Revit建立漁電共生之BIM模型，進行太陽能棚架柱規格與面板傾斜度之法規檢核。接著，透過Lumion結合導入之BIM模型，進行日照模擬與場景渲染，以真實之畫面輔助漁電共生檢視遮陰情況並進行行銷展示。本研究架構如圖1所示。

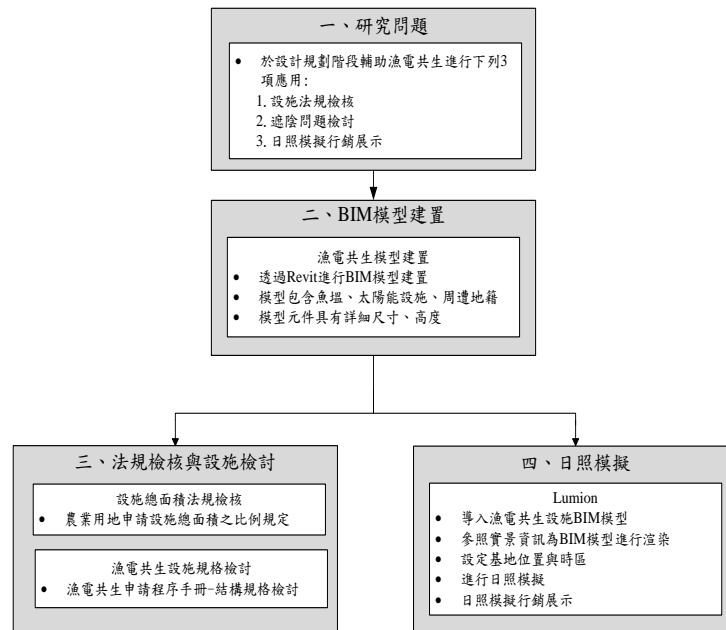


圖1 研究架構圖

3.1 BIM模型建置

為取得符合構造物尺寸之3D模型進行法規檢核與日照模擬，根據漁電共生設施之尺寸，與設施周圍可能對太陽能板產生影響之構造物，如：電杆與鄰房等，進行模型建置。

3.2 法規檢核與設施檢討

利用漁電共生設施之BIM模型，進行相關法規之檢討。利用Revit內建之量測功能，針對具有詳細尺寸與高度之漁電共生設施模型與元件，進行如下兩點相關檢討。

3.2.1. 設施使用總面積法規檢核

由於漁電共生係結合養殖漁場進行太陽能設施之設置，因此進行漁電共生設置時，需考量農業用地之農業設施使用面積。意即漁電共生之設計內容，須使太陽能設施對於設置地區之使用面積合乎規範。

針對設施使用總面積檢核，本研究使用Revit內建功能，以3D之方式取得漁電共生BIM模型之設施使用總面積，輔助檢核漁電共生設計內容是否符合法規。

3.2.2. 漁電共生設施規格檢討

設施佈局與傾斜度等設計因素也是漁電共生重要的一環[8]。因此，本研究參考漁電共生申請程序手冊中，建議之漁電共生棚架柱尺寸與太陽能板斜率規格。並使用Revit，在3D畫面中對漁電共生之BIM模型進行檢核，以探討漁電共生之設計內容是否符合建議規格。

3.3 日照模擬

為提供漁電共生在設計規劃階段，能透過較真實之渲染畫面輔助行銷展示，補足日照分析在畫面渲染真實度之不足，本研究透過Lumion輔助漁電共生進行日照模擬。

為模擬符合實際地理位置之日照情況，可使用Lumion內建之特效功能，輸入日照模擬區域之經緯度與時區。並整合導入之BIM模型，進行材質與畫面之渲染，完成日照模擬場景之建置，並提供較真實之日照模擬畫面，於設計規劃階段輔助漁電共生進行行銷展示。

四、案例測試

4.1 案例介紹

本研究以台灣某縣市之漁電共生設施作為案例。本漁電共生設施設置於沿海地帶，附近場所皆為養殖魚塢，且周圍無建築物，僅於鄰接道路上有電線杆，其中漁電共生設施之設計型態為立柱型。

4.2 BIM模型建置

為透過符合實際尺寸之漁電共生設施與周遭可能影響日照之構造物，進行法規檢核與日照模擬，本研究使用Revit建置漁電共生設施與周遭電線杆之BIM模型，並輸入漁電共生設施相應之元件材質。其中BIM模型包含養殖池、倉庫、太陽能棚架、太陽能板、周邊道路與電線杆，如圖2所示。

4.3 法規檢核與設施檢討

透過建置完成之漁電共生設施BIM模型，分別針對設施總面積與設施規格進行檢討，檢核如下。

4.3.1 設施使用總面積法規檢討

由於「農業用地申請設施總面積之比例規定」規範，依本辦法申請之室內水產養殖生產設施與室內水產養殖生產設施，其所有農業設施總面積，不得超過申請設施所坐落之農業用地土地面積之80%。因此，本研究透過建築資訊模型技術，使用Revit針對具有詳細尺寸與高度等之漁電共生設施模型進行檢討，以Revit內建功能計算出所需之土地面積與設施總面積，以輔助漁電共生進行法規檢討。

為取得本案例申請之農業用地面積，本研究透過Revit之區域邊界與面積功能，計算指定區域之面積，分別取得本案例農業用地面積為12,068m²，設施使用總面積為8,548m²，如圖2所示。

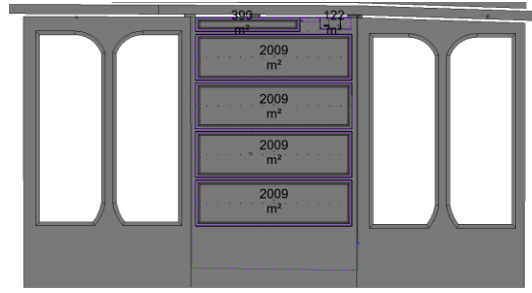


圖2 各設施使用面積

透過前述取得本案例之農業用地面積與其設施使用總面積，共兩筆數據，參考公式(1)進行法規檢核計算，結果表明本案例之漁電共生設施使用總面積符合法規規範，如表1所示。

$$\text{設施使用總面積} / \text{農業用地面積} * 100\% < 80\% \dots \text{OK} \quad (1)$$

表 1 設施總面積法規檢討過程

項目	計算過程
申請設施所坐落之農業用土地面積	12,068 m ²
所有農業設施面積	2,009*4+399+122=8,548 m ²
公式(1)-設施總面積法規檢討	8,548/12,068=70.84 % < 80 % ...OK

4.3.2 漁電共生設施規格檢討

為輔助漁電共生進行相關設施設計內容檢討，本研究依「漁電共生申請程序手冊」第參章室外型漁電共生設計型態之審認原則，進行漁電共生設施規格之檢討。其中本案例之漁電共生設施屬立柱型設計，因此以表2之魚塭立柱型規格參考，進行本案例漁電共生設施之尺寸與斜率相關檢討。

表 2 魚塭立柱型規格參考

編號	項目	結構規格
1.	柱高	考量整地機械作業空間，設置柱高起算點為太陽能板下緣算起建議至少達300cm。
2.	斜率	斜率建議以6到8度範圍內為佳。

針對漁電共生之規格檢討，使用Revit之剖面與標註功能，取得BIM模型元件之尺寸資訊，並參考表2規範內容，分別檢討棚架柱高與太陽能板斜率之設計。取得本案例之漁電共生設施三種類型之柱高分別為370cm、539cm及707cm，皆大於表2建議尺寸300cm，如圖3所示。而本案例之太陽能板斜率為8度，屬於表2建議之6到8度範圍內，如圖3所示。

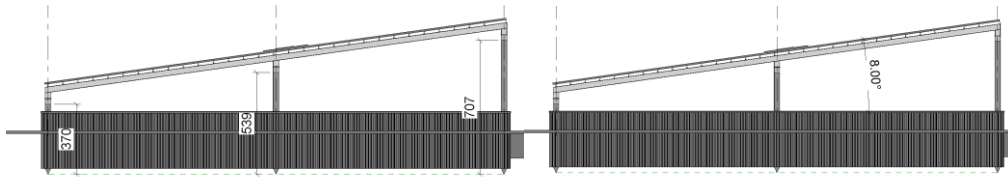


圖3 漁電共生設施柱高及斜率檢討

本案例透過Revit對漁電共生BIM模型，進行設施使用總面積與設施規格之檢核，檢核結果皆符合法規規範。由此可知，透過Revit檢核BIM模型，可

輔助漁電共生於設計規劃階段檢核其設計內容。使漁電共生在施工或營運前，即可透過BIM模型進行相關檢核，避免於施工中或營運後發生設施不合於規定之問題，降低重工之風險。

4.4 日照模擬

為模擬漁電共生設施之日照情況與輔助設計內容之行銷展示，將BIM模型導入Lumion中，並透過Lumion之太陽狀態功能，模擬整年度任一時刻之太陽光照情形，探討漁電共生受到周圍構造物之陰影遮蔽影響。

此處同樣對整年日照時間最長與日照時間最短之兩段時間進行模擬，探討漁電共生設施於設計規劃階段，夏至與冬至上午04:00至下午20:00之遮陰情況，如圖4與圖5所示。

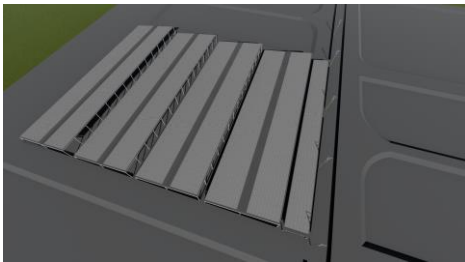


圖4 Lumion夏至遮陰檢討

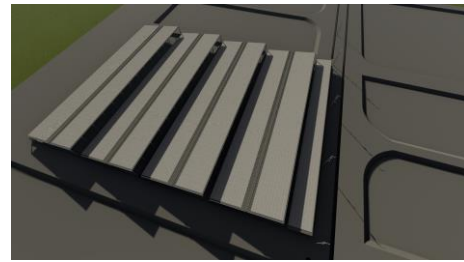


圖5 Lumion冬至遮陰檢討

雖Lumion不具有量測功能，但Lumion能夠透過強大的渲染功能。本案例測試所使用之養殖池與太陽能設施BIM模型皆以Revit進行建置，而場景中之植被、水池等，則是利用Lumion內建模型進行建置。結合BIM模型與Lumion內建元件，模擬本案例漁電共生現地之場景。為輔助漁電共生透過日照模擬進行行銷展示，將渲染完成之案例場景加入Lumion內建之「太陽狀態」特效，即可取得具有渲染效果日照模擬，提供較真實的畫面檢視漁電共生日照與遮陰情況，補足能源分析軟體在畫面渲染真實度上的不足，如圖6所示。

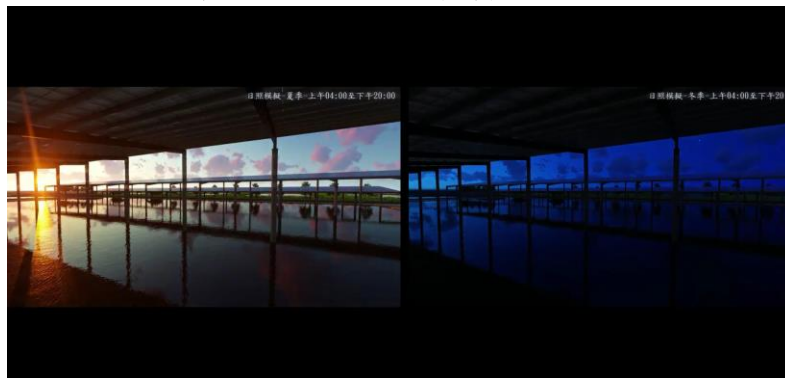


圖6. 日照模擬行銷展示

五、結論

5.1 建築資訊模型可提供具有構造物資訊之3D模型，透過建置漁電共生設施BIM模型，可使用3D之方式，輔助漁電共生於設計規劃階段，進行設施總面積法規檢核、設施柱高檢討與太陽能板斜率檢討，並且可根據檢核結果即時修改BIM模型。

5.1.2使用Lumion導入BIM模型進行日照模擬，可透過3D畫面檢視漁電共生進行遮陰檢討。雖不具有量測功能，無法產出遮陰相關數值。但能提供具有渲染效果之日照模擬場景，輔助漁電共生設施之行銷展示。

References

- [1] Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., ... & von Stechow, C. (2011). IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation. Prepared By Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [2] Hosenuzzaman, M., Rahim, N. A., Selvaraj, J., Hasanuzzaman, M., Malek, A. A., & Nahar, A. (2015). Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 284-297.
- [3] Adam M.Pringle, R.M.Handler, J.M.Pearce,” Aquavoltaics: Synergies for dual use of water area for solar photovoltaic electricity generation and aquaculture”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 80, Pages 572-584, 2017.
- [4] Château, P. A., Wunderlich, R. F., Wang, T. W., Lai, H. T., Chen, C. C., & Chang, F. J. (2019). Mathematical modeling suggests high potential for the deployment of floating photovoltaic on fish ponds. *Science of the total environment*, 687, 654-666.
- [5] Hsiao, Y. J., Chen, J. L., & Huang, C. T. (2021). What are the challenges and opportunities in implementing Taiwan's aquavoltaics policy? A roadmap for achieving symbiosis between small-scale aquaculture and photovoltaics. *Energy Policy*, 153, 112264.
- [6] Zhang, J., Zhao, L., Deng, S., Xu, W., & Zhang, Y. (2017). A critical review of the models used to estimate solar radiation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 314-329.
- [7] Jin, R., Zhong, B., Ma, L., Hashemi, A., & Ding, L. (2019). Integrating BIM with building performance analysis in project life-cycle. *Automation in Construction*, 106, 102861.
- [8] Ma, C., & Liu, Z. (2022). Water-surface photovoltaics: Performance, utilization, and interactions with water eco-environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 167, 112823.
- [9] Guo, K., Li, Q., Zhang, L., & Wu, X. (2021). BIM-based green building evaluation and optimization: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 320, 128824.