



滑雪目的地的氣候變遷困境： 當適應轉變為劣適應

*The Climate Change Dilemma of Ski Destinations:
Adaptation Becomes **Maladaptation***

報告人：鄭佳瑞

指導教授：李晶 教授

目錄

CONTENTS

01 研究背景

02 研究問題與目的

03 文獻回顧

04 研究設計

05 研究結果

06 結論與建議

研究背景

暖冬頻繁與雪資源變動

近年暖冬更頻繁，降雪的時間與空間穩定性下降，雪資源分布持續變動（Beniston, 2003; IPCC, 2019; François et al., 2023）。

日本區域差異與營運壓力

日本具有明顯的南北氣候差異、複雜地形與多樣化滑雪場型態，低海拔與中海拔地區承受較高營運壓力（Damm et al., 2017; Koenig & Abegg, 2023）。

技術性適應措施的長期效果待檢視

人工造雪、延長營業、設施強化等技術性適應措施愈來愈常見，但其長期效果需要重新檢視（Scott et al., 2024; Leal Filho et al., 2024）。



研究問題與研究目的

01 / 研究缺口 (Research Gap)

既有研究已充分討論雪況可靠度、人工造雪技術的應用，以及滑雪旅遊整體對氣候變化的敏感性 (Abegg et al., 2007; Spandre et al., 2019; Steiger & Scott, 2020)。然而，目前較少研究將雪況可靠度的量化變化，與滑雪場在政策制訂和投資選擇中可能面臨的「劣適應風險 (Maladaptation Risks)」進行整合分析。特別是在日本這類地理與氣候區域差異顯著、且高度依賴滑雪旅遊產業的情境下，此類綜合性分析仍屬空白 (François et al., 2023; Li et al., 2026)。



建立校準框架

建立適用於日本的雪況可靠線校準框架

(Abegg et al., 2007; Steiger & Abegg, 2013)



分類轉變路徑

分類 23 個滑雪場的雪況轉變路徑，分析技術與治理配置

。



診斷劣適應風險

將劣適應框架納入，診斷排放增加、機會成本與路徑依賴等劣適應風險。

(Barnett & O'Neill, 2010)

文獻回顧一：雪況可靠線

雪況可靠線 (Snow Reliability Line)：指的是滑雪場在某一海拔以上，較能穩定維持雪季營運的界限 (Abegg et al., 2007)。這一概念界定了滑雪場在無人工干預下可持續經營的最低海拔門檻。

分析框架 (Analytical Framework)

基於不同時期的氣候數據和文獻，可將滑雪區分為自然雪況可靠區、人工造雪依賴區與低海拔造雪失效區三個層級，為後續的適應性策略提供依據 (François et al., 2023)。

動態變化 (Dynamic Shift)

在全球氣候暖和的趨勢下，雪況可靠線會隨溫度上升逐步向高海拔地區移動，導致原本可穩定運營的中低海拔區域受到壓縮，迫使滑雪場縮減可利用的地形 (Spandre et al., 2019; Steiger & Scott, 2020)。

運營失效區 (deadzone)

當雪況可靠線隨暖化持續向高海拔移動時，部分低海拔滑雪場將逐漸落入 Dead Zone，導致即使依賴人工造雪也難以穩定維持雪季營運，並進一步提高其營運萎縮與市場退出風險 (Abegg et al., 2007; François et al., 2023; Leal Filho et al., 2024)。

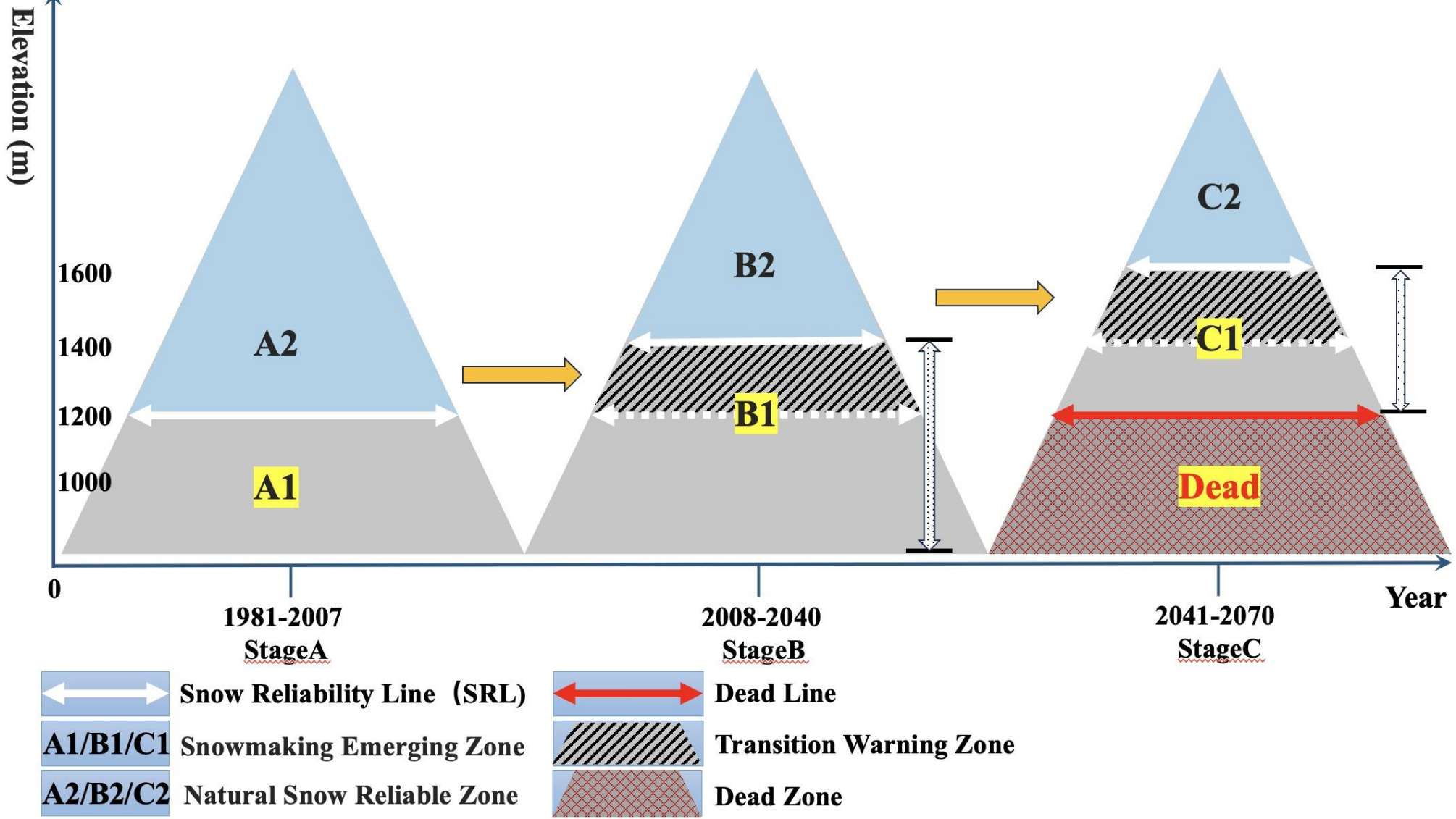


Figure 1: 雪況可靠線轉變框架

Source: Compiled by the author from Abegg et al. (2007), Beniston (2003), Marty (2008), Steiger and Abegg (2013), Steiger et al. (2019), Spandre et al. (2019), François et al. (2023), and IPCC (2007, 2014, 2022).

- 1、本研究先整理滑雪氣候文獻，建立一個滑雪場雪況轉變的概念框架。
- 2、這個框架的核心是雪況可靠線，意思是滑雪場在特定海拔以上，才能較穩定維持雪季營運。
- 3、隨著氣候暖化，雪況可靠線會往上升，代表原本可穩定經營的海拔帶會逐漸縮小。
- 4、在雪況可靠線以下，會形成一個過渡警戒帶。這些區域雖然還可以靠人工造雪維持營運，但成本會上升，可行性會下降。
- 5、再往下就進入低海拔的失效區，代表即使使用人工造雪，也很難穩定支撐標準雪季

文獻回顧二：劣適應

適應 (adaptation)：是指在實際或預期的氣候變遷及其影響下，對人類或自然系統進行調整，以減輕損害、降低脆弱性，或把握可能出現的有利機會 (IPCC, 2014, 2022)

劣適應 (Maladaptation)：指的是某些適應措施在短期內看似有效降低風險，但在較長的時間跨度或更大的系統尺度上，反而增加了新的脆弱性，或轉移了風險。(Barnett & O'Neill, 2010; Juhola et al., 2016)

文獻回顧二：劣適應

劣適應路徑 (Barnett & O'Neill, 2010)

- 增加溫室氣體排放：短期應對措施增加長期氣候風險的源頭
- 加重脆弱群體負擔：資源分配不均，弱勢群體承擔更高代價
- 帶來高機會成本：資金與精力投入低效領域，擠佔轉型的資源
- 削弱持續適應誘因：短期的技術手段掩蓋了長期轉型的必要性
- 強化路徑依賴：鎖定高碳或者高風險運營模式，增加退出的成本

劣適應在滑雪產業中的具體表現

- 能源與環境代價增加：大規模人工造雪、延長雪季及交通配套可能提高能源使用、水資源消耗與碳排放。
(François et al., 2023; Knowles et al., 2024b; Scott et al., 2024; Leal Filho et al., 2024)
- 社會與經濟負擔分配不均：適應成本與風險可能轉嫁至消費者、地方社區或季節性勞動者，進一步加劇脆弱性。
(Barnett & O'Neill, 2010; Juhola et al., 2016; Knowles et al., 2024a; Scott et al., 2021)
- 策略性資源錯置與高機會成本：過度投資冬季設施可能排擠四季旅遊、多元產品與低碳轉型所需資源
(Barnett & O'Neill, 2010; Steiger, 2020; Knowles et al., 2024a; Scott et al., 2024)
- 削弱持續適應與長期規劃誘因：若過度依賴技術性補救措施，可能延後制度調整與長期轉型規劃。
(Barnett & O'Neill, 2010; Scott et al., 2024; Leal Filho et al., 2024; Kates et al., 2012)
- 營運模式與制度路徑鎖定：重資產投資與既有制度安排會縮減未來調整空間，強化對雪季營運模式的依賴。
(Barnett & O'Neill, 2010; François et al., 2023; Mitterwallner et al., 2024; Leal Filho et al., 2024)

研究架構

01

資料蒐集

蒐集 POW網站中23 個滑雪場的基本資料與政策文本
整理海拔、區位與政策文本，並進行人工核對

02

路徑分類

校準日本雪況可靠線 (SRL)
框架
納入區域校正與造雪緩衝帶，
建立 A-B-C 路徑分類

03

交叉分析

依據劣適應框架進行編碼
形成路徑 × 劣適應矩陣

資料來源與樣本

主要資料來源

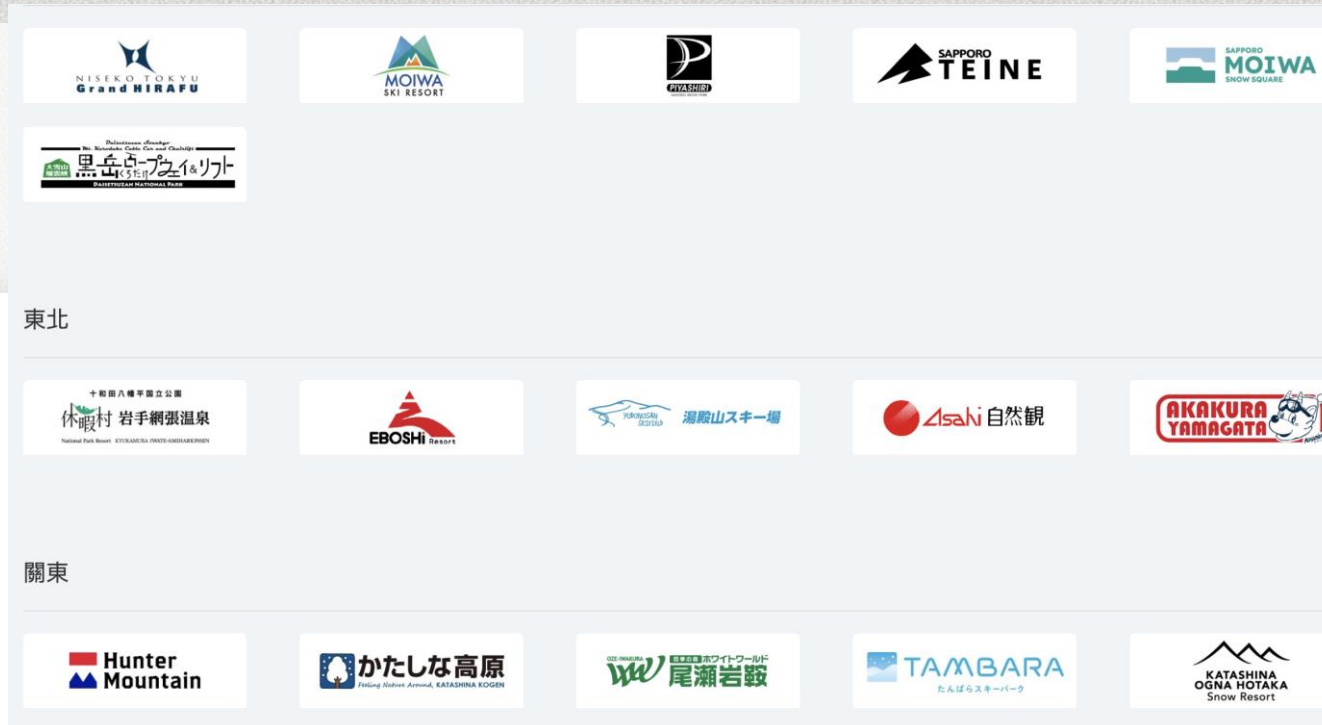
來源： Protect Our Winters Japan 組織之永續滑雪場聯盟資料集，共 23 個滑雪場（Protect Our Winters Japan, 2024）。（截止至2024pow 共收入23家滑雪場）

交叉驗證： 以官方網站、地圖資料與滑雪指南進行海拔與政策內容交叉驗證。

樣本特徵

區域代表性： 涵蓋北海道、東北、中部、近畿與西日本，分布廣泛。

海拔範圍： 代表海拔約 425–2240 公尺，具有明顯的垂直差異與緯度差異。



我們支持那些熱愛戶外活動並採取行動保護他們的場地和生活方式免受氣候變遷影響的愛好者。

2007年，職業單板滑雪運動員傑里米·瓊斯（Jeremy Jones）深感氣候變遷對白雪皚皚的山脈——對我們單板滑雪者而言至關重要的領域——造成的巨大影響，於是與朋友們共同創立了“保護我們的冬季”（Protect Our Winters，簡稱POW）組織。此後，POW的活動已遍及全球13個國家，並於2019年在日本正式啟動。

日本版雪況可靠線校準

▲ 基準海拔設定

基準線整體較原始歐洲框架上調**50公尺**，以適配日本雪況特徵。

$$h = \frac{H_{top} + H_{base}}{2}$$

階段劃分	基準海拔 (m)
A 階段	1,250
B 階段	1,450
C 階段	1,650

📖 區域修正值

基於日本南北差異與降雪差異，引入區域性海拔修正。

$$\Delta z = \begin{cases} +300 \text{ m}, & \text{H 區：北海道與北東北} \\ 0 \text{ m}, & \text{J 區：中部與日本阿爾卑斯} \\ -200 \text{ m}, & \text{W 區：近畿與西日本} \end{cases}$$

覆蓋區域	代號	修正值 (m)
北海道/北東北	H	+300
中部/日本阿爾卑斯	J	0
近畿/西日本	W	-200

▣ 校正後海拔公式

校正後海拔 =
滑雪場平均海拔 + 區域修正值

$$h' = h + \Delta z$$

整合「海拔基準」與「維度差異」，建立更符合日本地形的雪況評價框架。

路徑分類邏輯

轉型預警帶

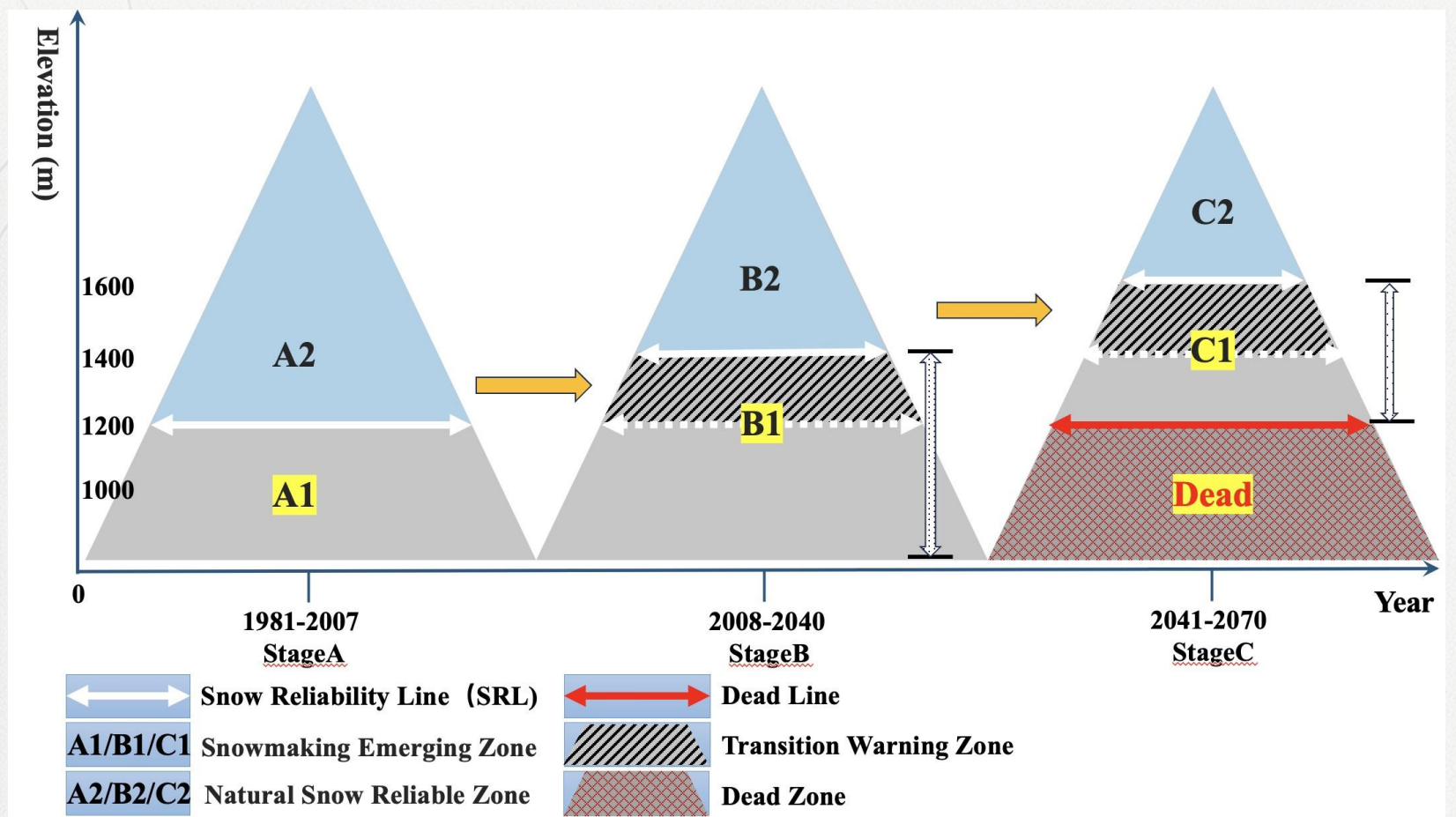
設定為200 公尺。校正後海拔若位于雪況可靠線下方 200 公尺內，設定為「人工造雪依賴」。

自然雪況可靠

校正後海拔若高于各階段「雪況可靠線」，即編碼為「自然雪況可靠」，無需依賴人工造雪。

營運下限 (deadline)

設定為1000 公尺，低于此海拔闖值者，視為「高度邊緣或失效」。



五種演變路徑 (Trajectories)

A1 → B1 → 失效
早期即依賴人工造雪
后期完全进入失效區

A1 → B1 → C1
三階段全程
依賴人工造雪
維持

A2 → B1 → C1
由「自然可靠」
逐步轉為「人工
依賴」

A2 → B2 → C1
前期自然雪況
穩定
後期轉為高度
邊緣

A2 → B2 → C2
三階段均維持
「自然雪況可
靠」

劣適應編碼方式

01. 分析單位

聚焦於單一滑雪場作為基本分析單元，以確保分析的獨立性與精確度。

02. 資料來源

官方公開文件：涵蓋票務政策、硬體設施、基建計畫、行銷策略與永續發展治理架構。

03. 編碼依據

遵循Barnett & O'Neill (2010)提出的五種典型劣適應路徑理論。

04. 分析方法

構建“雪況路徑 × 劣適應類型”交叉分析矩陣。

決策原則摘要 (Decision Rules Summary)

劣適應類型	編碼	判斷重點
增加溫室氣體排放	MA1	是否透過擴大冬季遊客人流、延長營運時數或增加交通活動來適應。
加重脆弱群體負擔	MA2	是否將成本、資源消耗或氣候風險不當轉移給社會或環境脆弱群體。
高機會成本	MA3	是否持續投入大量資源於短期形象或滑雪體驗改善，而取代根本的結構性轉型。
削弱持續適應誘因	MA4	是否透過片面的綠色認證或替代性指標，造成“適應完成”的錯覺，削弱持續行動的動力。
強化路徑依賴	MA5	是否透過固定資產與制度化服務強化冬季路徑鎖定

結果一：樣本與路徑分布

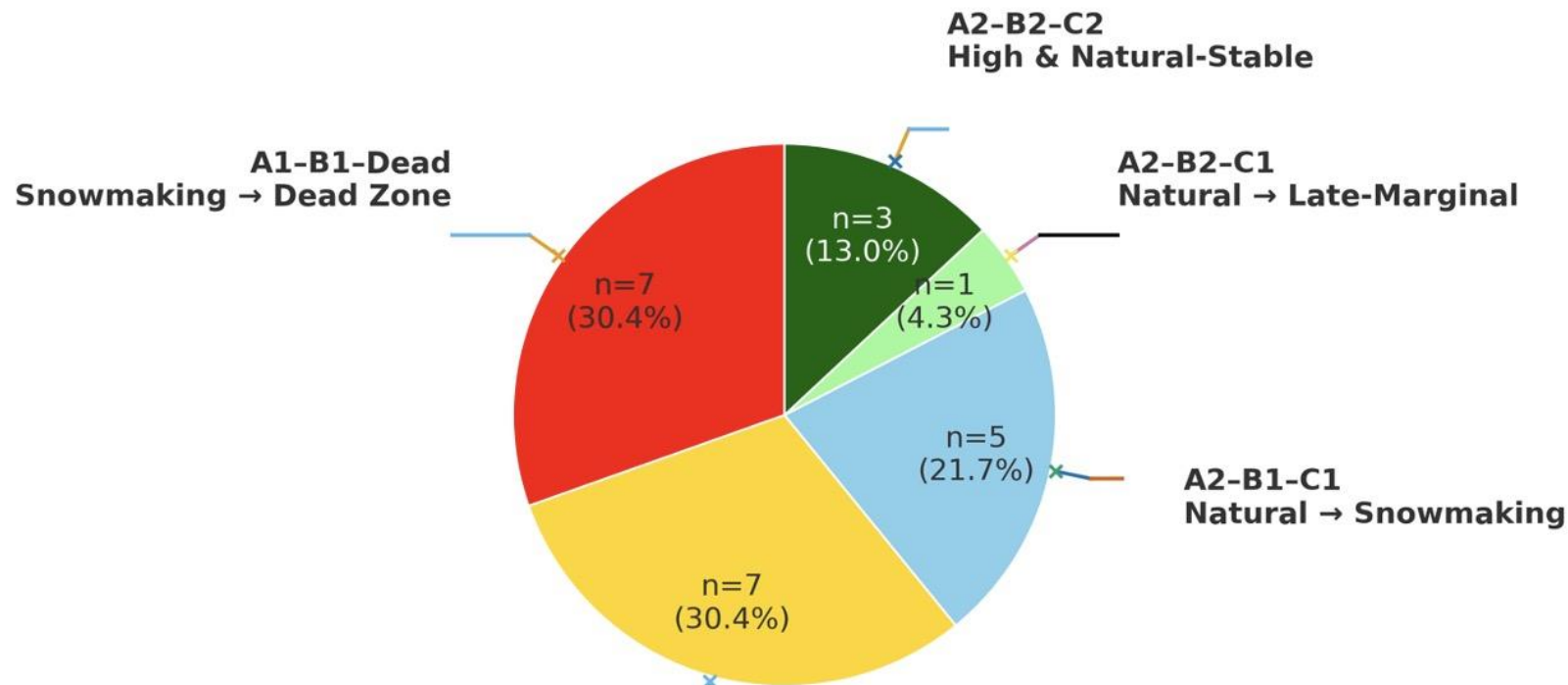


Figure 2: 日本滑雪場雪況轉變路徑比例分布

A1-B1-C1
Snowmaking-Locked

(圖表：路徑數量與占比分布)

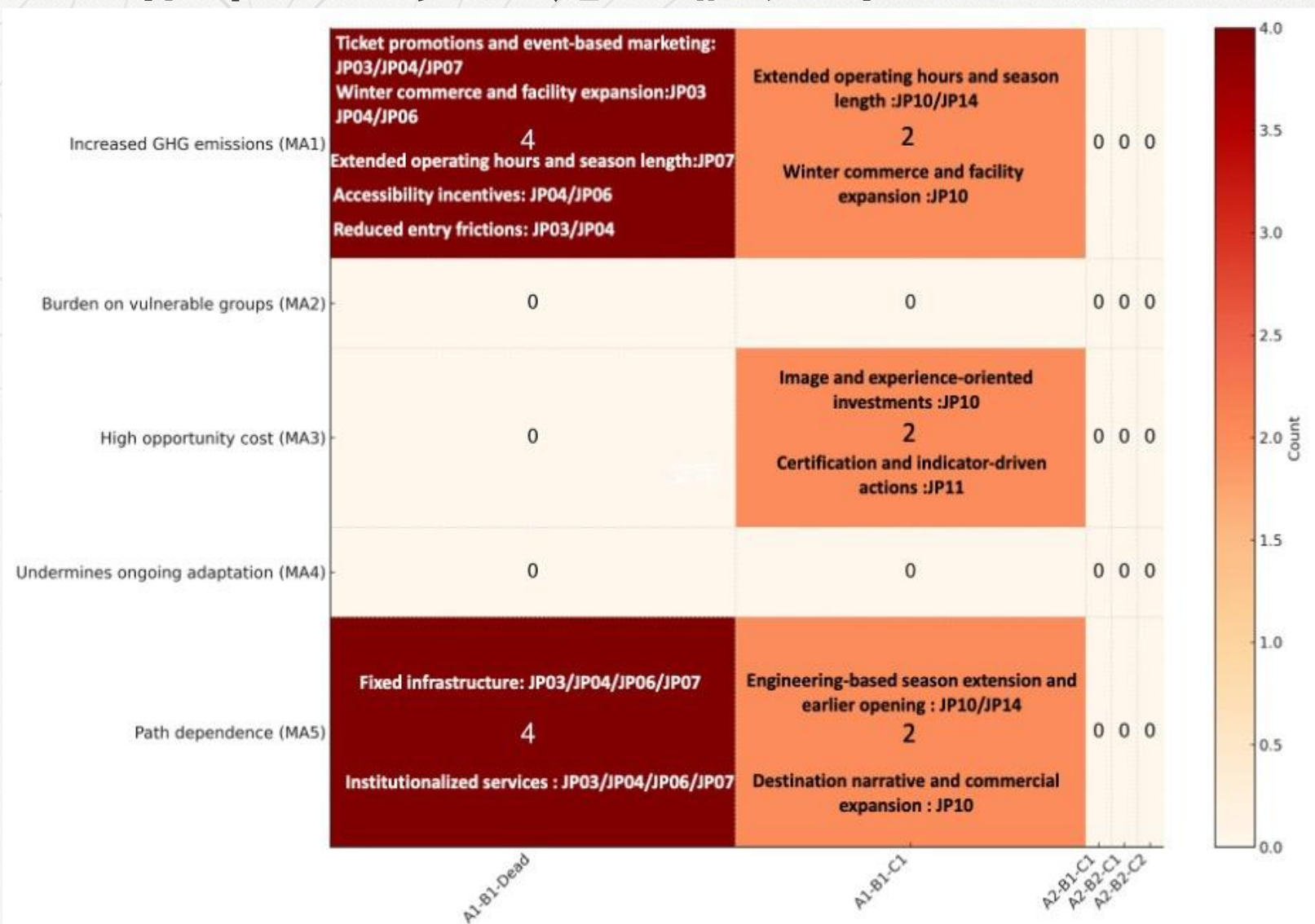
多數樣本：人工造雪依賴與營運邊緣

數據表明，絕大多數的樣本滑雪場，集中在「A1-B1-失效」與「A1-B1-C1」兩條路徑上，即高度依賴人工造雪且處於營運邊緣，呈現出較高的氣候脆弱性。

少數個案：自然雪況穩定

「A2-B2-C2」這一最為穩定的路徑占比非常有限，僅集中在高海拔、自然雪況條件優越的個別滑雪場，表明具備天然氣候優勢的場地在日本滑雪產業中屬於少數。

結果二：劣適應整體分布



劣適應分布總覽

- 最常見類型：MA1「增加溫室氣體排放」與 MA5「路徑依賴」，是主要的劣適應模式。
- 少數個案：MA3「高機會成本」，僅出現在有限的幾個運營案例中。
- 風險集中路徑：劣適應風險集中在A1-B1-失效與A1-B1-C1兩條路徑。其餘 MA2 與 MA4 在本樣本中未出現。

劣適應類型數量 (Count)

劣適應類型 (Type)	出現次數 (Frequency)
MA1	6
MA3	2
MA5	6

Figure 3: 路徑 × 劣適應熱度圖

MA1：增加溫室氣體排放

目 五類具體表現

01. 票券促銷與活動行銷，吸引更多訪客
02. 延長每日營業時間，並擴大雪季整體跨度
03. 提升場地可及性，完善周邊交通便利度
04. 降低入場與流程摩擦，提高整體通行效率
05. 大幅擴張冬季商業區域與基礎設施服務

共同機制

主要出現在A1-B1-失效與A1-B1-C1路徑。其共同機制是「擴大冬季活動總量」，具體表現為增加整體營運時數、提升入場總人流與相關交通活動總量 (Scott et al., 2024)。

即使單一設施或流程的單位碳排放效率得到改善，若無法抵消由“總活動量上升”帶來的絕對增量，最終仍可能推高整體溫室氣體排放 (François et al., 2023; Scott et al., 2024)。

MA3：高機會成本

01 / 出現路徑與形式



特定路徑：僅出現在A1 – B1 – C1路徑中



形式一

聚焦冬季品牌敘事、零售空間升級與體驗內容的持續擴張。



形式二

專注於獲取各類綠色認證、數據登錄與指標導向的管理行動。

02 / 解讀 (Interpretation)

當資本與管理注意力過度集中於品牌形象包裝、顧客體驗升級，或短期的指標與認證獲取上時，滑雪場往往會在決策中將交通減碳、能源轉型與四季化投資這三類更根本、長期且高成本的轉型任務向後推遲。

這就形成了“高機會成本”的局面：看似在可持續發展上有所動作，但實際阻礙了對環境有實質影響的結構性變革。

References: Steiger, 2020; Scott et al., 2024

MA5：路徑依賴

■出現路徑與機制

主要路徑：主要集中在A1-B1-失效與A1-B1-C1。

出現形式：

- 固定基礎設施：如纜車、雪上手扶梯、分區雪道、兒童專屬雪區等硬體投入。
- 制度化服務：建立完善的租借系統、滑雪教學體系、標準化票務流程及夜滑營運等。
- 工程式延長雪季：利用造雪機、雪面維護設備等技術手段，人為延長雪季或提前開放雪季。
- 目的地敘事與商業擴張：持續加強“冬季滑雪聖地”的品牌形象，並進行相關商業配套擴張。

■鎖定效果示意



■解讀與啟示

固定資產、長期服務系統與雪季延伸工程會提高資產專屬性、增加沉沒成本，降低未來轉向四季化或低碳模式的彈性 — *François et al., 2023; Mitterwallner et al., 2024*

討論：實務意涵

研究結果指出，滑雪場治理應從短期保住雪季，逐步轉向長期結構轉型

01

建立全年溫室氣體盤查制度

除了總量，也揭露單位效率指標（SBTi, 2021, 2024），如每位滑雪客、每個纜車小時的碳排，以全面掌握營運碳足跡。

02

設定階段性減量目標

以 2019 年作為基準年，量化設定 2030 短期行動與 2050 淨零路徑，建立清晰的減碳軌跡（METI, 2021）。

03

優先投入可轉換型基礎設施

對於依賴造雪、接近營運下限的場域，建議避免持續加碼冬季固定設施，而轉向投資四季可用、彈性的低碳休閒基礎設施。

04

納入生態管理的四季化經營

在拓展春、夏、秋季活動的四季化經營策略中，需整合植被恢復、土壤承載力管理與野生動物活動週期考量，避免生態壓力轉移（Evju et al., 2023; Fennell et al., 2023; Zeller et al., 2024）。

理論貢獻

01

校準雪況可靠線框架至日本情境，納入區域修正值與營運下限（Abegg et al., 2007; Steiger & Abegg, 2013; Japan Meteorological Agency, 2024）

02

結合雪況路徑分類與劣適應框架，建立路徑敏感性的分析方式（Barnett & O'Neill, 2010; Reckien et al., 2023）

結論

01

日本滑雪場呈現明顯分化：少數高海拔與北方滑雪場較穩定，多數低中海拔場走向人工造雪依賴或營運邊界

02

劣適應風險集中在 A1-B1-失效 與 A1-B1-C1，主要表現在排放增加、高機會成本與路徑依賴 (François et al., 2023; Scott et al., 2024)

03

治理方向應從短期雪季維持，轉向排放治理、投資彈性與四季轉型 (METI, 2021; SBTi, 2021, 2024)

研究限制

01

雪況可靠線分類屬文獻校準框架，仍需更多場址資料驗證（Abegg et al., 2007; Steiger et al., 2019）

02

樣本可能偏向已投入永續行動之滑雪場，代表性仍有限（Protect Our Winters Japan, 2024）

03

劣適應分析主要依賴公開文本，對內部決策與財務權衡掌握有限（Scott et al., 2024）

未來研究

01

**納入濕球溫度、年際變異
與更細緻營運資料**

(François et al., 2023;
Knowles et al., 2024b)

02

**進行跨國比較，檢視不同
治理條件下的風險差異**

(Scott et al., 2021;
Reckien et al., 2023)

03

**長期追蹤可轉換型基礎設
施與四季治理的實際效果**

參考文獻

- Abegg, B., Agrawala, S., Crick, F., & de Montfalcon, A. (2007). Climate change impacts and adaptation in winter tourism in the Alps. In S. Agrawala (Ed.), *Climate change in the European Alps: Adapting winter tourism and natural hazards management* (pp. 25–60). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264031692-en>
- Barnett, J., & O'Neill, S. (2010). Maladaptation. *Global Environmental Change*, 20(2), 211–213. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.11.004>
- Beniston, M. (2003). Climatic change in mountain regions: A review of possible impacts. *Climatic Change*, 59(1–2), 5–31. <https://doi.org/10.1023/A:1024458411589>
- Cholakova, S., & Dogramadjieva, E. (2023). Climate change adaptation in the ski industry: Stakeholders' perceptions regarding a mountain resort in Southeastern Europe. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 42, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100611>
- Damm, A., Köberl, J., Pretenthaler, F., & Töglhofer, C. (2017). Impacts of +2° C global warming on winter tourism demand in Europe. *Climate Services*, 7, 31–46. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.07.003>
- Elsasser, H., & Bürki, R. (2002). Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Climate Research*, 20(3), 253–257. <https://doi.org/10.3354/cr020253>
- Evju, M., Hagen, D., Olsen, S. L., & Mehlhoop, A. C. (2023). Recovery of vegetation on former alpine roads: How long does it take? *Nordic Journal of Botany*, e03984. <https://doi.org/10.1111/njb.03984>
- Fang, Y., Wang, H., Jiang, Y., & Xu, H. (2023). Weather conditions and ski resorts' vitality: Linear and non-linear effects. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 44, 100674. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100674>
- Fang, Y., Zheng, H., Wang, M., & Scott, D. (2024). Skiers' perception of climate change in China: The role of activity involvement and place loyalty. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 45, 100730. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100730>
- Fennell, M. J. E., Ford, A. T., Martin, T. G., & Burton, A. C. (2023). Assessing the impacts of recreation on the spatial and temporal activity of mammals in an isolated alpine protected area. *Ecology and Evolution*, 13(11), e10733. <https://doi.org/10.1002/ece3.10733>
- François, H., Samacoïts, R., Bird, D. N., Köberl, J., Pretenthaler, F., & Morin, S. (2023). Climate change exacerbates snow–water–energy challenges for European ski tourism. *Nature Climate Change*, 13, 935–942. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01759-5>
- Gössling, S., Scott, D., Hall, C. M., Ceron, J.-P., & Dubois, G. (2012). Consumer behaviour and demand response of tourists to climate change. *Annals of Tourism Research*, 39(1), 36–58. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2011.11.002>
- IPCC. (2019). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC), Full Report*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/12/SROCC_FullReport_FINAL.pdf
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers (WGII)*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf
- Japan Meteorological Agency. (2024). *Climate of Japan: Regional characteristics*. Retrieved from <https://www.data.jma.go.jp/>
- Juhola, S., Glaas, E., Linnér, B.-O., & Naset, T.-S. (2016). Redefining maladaptation. *Environmental Science & Policy*, 55, 135–140. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.014>
- Kaján, E., & Saarinen, J. (2013). Tourism, climate change and adaptation: A review. *Current Issues in Tourism*, 16(2), 167–195. <https://doi.org/10.1080/13683500.2013.774323>
- Kates, R. W., Travis, W. R., & Wilbanks, T. J. (2012). Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(19), 7156–7161. <https://doi.org/10.1073/pnas.1115521109>
- Knowles, N. L. B., Scott, D., & Steiger, R. (2024a). Climate change and the future of ski tourism in Canada's Western Mountains. *Tourism and Hospitality*, 5(1), 187–202. <https://doi.org/10.3390/tourhosp5010013>
- Knowles, N. L. B., Scott, D., & Steiger, R. (2024b). Sustainability of snowmaking as climate change (mal)adaptation: An assessment of water, energy, and emissions in Canada's ski industry. *Current Issues in Tourism*, 27(10), 1613–1630. <https://doi.org/10.1080/13683500.2023.2214358>
- Koenig, U., & Abegg, B. (2023). Climate change adaptation in the ski industry. *Climate Services*, 30, 100363. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100363>
- Leal Filho, W., Mandel, M., Balogun, A.-L., Nagy, G. J., Ballerini, E., & Lang, G. (2024). Energy use, emissions and sustainability challenges of snowmaking. *Journal of Environmental Management*, 356, 120554. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120554>

參考文獻

- Metzinger, P., Schmude, J., & Mayer, M. (2025). Classifying climate change adaptation measures for ski areas and ski lifts – The case of Bavaria, Germany. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 52, 100939.
- Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). (2021). *Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050*. https://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/global_warming/ggs2050/index.html
- Mitterwallner, V., Steinbauer, M. J., Mathes, G., & Walentowitz, A. (2024). Global reduction of snow cover in ski areas under climate change. *PLOS ONE*, 19(3), e0299735. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299735>
- Morin, S., François, H., Réveillet, M., Sauquet, E., Crochemore, L., Branger, F., Leblois, É., & Dumont, M. (2023). Simulated hydrological effects of grooming and snowmaking in a ski resort on the local water balance. *Hydrology and Earth System Sciences*, 27, 4257–4277. <https://doi.org/10.5194/hess-27-4257-2023>
- OECD. (2007). *Climate Change in the European Alps: Adapting winter tourism and natural hazards management*. <https://doi.org/10.1787/9789264031692-en>
- OECD. (2015). *Climate change risks and adaptation: Linking policy and economics*. <https://doi.org/10.1787/9789264234611-en>
- Protect Our Winters Japan. (2024). *Sustainable Resort Alliance: About us*. <https://protectourwinters.jp/about-us-3/>
- Science Based Targets initiative (SBTi). (2021). Foundations for science-based net-zero target setting in the corporate sector. <https://sciencebasedtargets.org/>
- Science Based Targets initiative (SBTi). (2024). *Corporate near-term target criteria & recommendations (v5)*. <https://sciencebasedtargets.org>
- Scott, D., Knowles, N. L. B., & Steiger, R. (2024). Is snowmaking climate change maladaptation? *Journal of Sustainable Tourism*, 32(2), 282–303. <https://doi.org/10.1080/09669582.2022.2137729>
- Scott, D., McBoyle, G., & Mills, B. (2006). Climate change and the skiing industry in southern Ontario (Canada): Exploring the importance of snowmaking as a technical adaptation. *Climate Research*, 23(2), 171–181. <https://doi.org/10.3354/cr023171>
- Scott, D., Steiger, R., Ruttly, M., Knowles, N., & Rushton, B. (2021). Future climate change risk in the US Midwestern ski industry. *Tourism Management Perspectives*, 40, 100875. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2021.100875>
- Scott, D., Steiger, R., Ruttly, M., Pons, M., & Johnson, P. (2020). Climate change and ski tourism sustainability: An integrated model of the adaptive dynamics between ski area operations and skier demand. *Sustainability*, 12(24), 10617. <https://doi.org/10.3390/su122410617>
- Spandre, P., François, H., Verfaillie, D., Lafaysse, M., George-Marcelpoil, E., & Morin, S. (2019). Winter tourism under climate change in the Pyrenees and the French Alps: Relevance of snowmaking as a technical adaptation. *The Cryosphere*, 13(4), 1325–1347. <https://doi.org/10.5194/tc-13-1325-2019>
- Steiger, R. (2020). The impact of climate change on demand of ski tourism: A simulation study based on stated preferences. *Ecological Economics*, 170, 106589. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106589>
- Steiger, R., & Abegg, B. (2013). The sensitivity of Austrian ski areas to climate change. *Tourism Planning & Development*, 10(4), 480–493. <https://doi.org/10.1080/21568316.2013.804431>
- Steiger, R., & Mayer, M. (2008). *Snowmaking and climate change*. *Mountain Research and Development*, 28(3–4), 292–298. <https://doi.org/10.1659/mrd.0978>
- Steiger, R., & Scott, D. (2020). Ski tourism in a warmer world: Increased adaptation and regional economic impacts in Austria. *Tourism Management*, 77, 104032. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.104032>
- Steiger, R., Scott, D., Abegg, B., Pons, M., & Aall, C. (2019). A critical review of climate change risk for ski tourism. *Current Issues in Tourism*, 22(11), 1343–1379. <https://doi.org/10.1080/13683500.2017.1410110>
- Suchman, M. C. (1995). Managing legitimacy: Strategic and institutional approaches. *Academy of Management Review*, 20(3), 571–610. <https://doi.org/10.2307/258788>
- UNFCCC. (1997). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol>
- Zeller, K. A., Ditmer, M. A., Squires, J. R., Rice, W. L., Wilder, J., DeLong, D., Egan, A., Pennington, N., Wang, C. A., Plucinski, J., & Barber, J. R. (2024). Experimental recreationist noise alters behavior and space use of wildlife. *Current Biology*, 34(13), 2997–3004. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2024.05.030>

附錄 A：日本版雪況可靠線操作表

校正後海拔 (公尺)	分類	說明
低於 1000	不可行	難以維持 100 天營運規則，受氣候變遷影響風險高
1000 – 1249	邊緣	雪季自然天數較短，高度依賴人工造雪設備與成本投入
1250–1449	可行	自然降雪條件尚可，可維持相對穩定的雪季運營
1450 公尺以上	高可靠	雪季漫長且穩定，受氣候變遷影響的營運風險較低

附錄 B：劣適應判準摘要表

類型	編碼	規則
增加溫室氣體排放	MA1	擴大冬季人流、營運或交通活動，導致排放增加
加重脆弱群體負擔	MA2	將成本或風險轉嫁給脆弱群體
高機會成本	MA3	以形象或體驗投入排擠結構轉型
削弱持續適應誘因	MA4	以認證或替代指標削弱持續適應
路徑依賴	MA5	固定資產與制度化服務強化冬季鎖定

Resort Code	Resort JP	Resort EN	Path	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5
JP01	スキージャム勝山	Ski Jam Katsuyama	A1-B1-Dead	0	0	0	0	0
JP02	シーサイドバレースキー場	Itoigawa Seaside Valley	A1-B1-Dead	0	0	0	0	0
JP03	舞子スノーリゾート	Maiko Snow Resort	A1-B1-Dead	1	0	0	0	1
JP04	湯沢中里スノーリゾート	Yuzawa Nakazato	A1-B1-Dead	1	0	0	0	1
JP05	ムイカスノーリゾート	Muica Snow Resort	A1-B1-Dead	0	0	0	0	0
JP06	キューピットバレイ	Cupid Valley	A1-B1-Dead	1	0	0	0	1
JP07	ニノックススノーパーク	Ninox Snow Park	A1-B1-Dead	1	0	0	0	1
JP08	エイブル白馬五竜	Hakuba Goryu	A1-B1-C1	0	0	0	0	0
JP09	かたしな高原スキー場	Katashina Kogen	A1-B1-C1	0	0	0	0	0
JP10	ニセコ東急グランドヒラフ	Niseko Tokyu Grand HIRAFU	A1-B1-C1	1	0	1	0	1

附録 C : 滑雪场路径x劣適應編碼表 (部分)

附錄 D：滑雪場高度分區x劣適應整理表（部分）

& R	Resort JP left	Path	Region	mit	ele	evan	elev	del	Zo	sted	ele	有無劣適	政策標題	條件及	政策標題	條件及	政策標題	條件及原因
1	スキージャム勝山	A1-B1-Dead	福井（中部）	1320	610	965	Zone J				965							
2	シーサイドバレースキー場	A1-B1-Dead	新潟（中部）	740	240	490	Zone J				490							
3	舞子スノーリゾート	A1-B1-Dead	新潟（中部）	920	260	590	Zone J				590	有	HOMEPA	有劣適應	HOMEPA	有劣適應	HOMEPA	有劣適應 觸發：(1) 增加溫室氣體排放、(3) 高機
4	湯沢中里スノーリゾート	A1-B1-Dead	新潟（中部）	702	458	580	Zone J				580	有	HOMEPA	有劣適應				觸發：(1) 增加溫室氣體排放、(3) 高機會成本、(5) 路徑依賴 結果：延續高
5	ムイカスノーリゾート	A1-B1-Dead	新潟（中部）	748	348	548	Zone J				548	有	HOMEPA	有劣適應				觸發：(1) 增加溫室氣體排放、(3) 高機會成本、(5) 路徑依賴 結果：延續高
6	キュービットバレイ	A1-B1-Dead	新潟（中部）	1129	430	780	Zone J				779.5	有	HOMEPA	有劣適應	HOMEPA	有劣適應		觸發：(1) 增加溫室氣體排放、(3) 高機會成本、(5) 路徑依
7	ニノックススノーパーク	A1-B1-Dead	新潟（中部）	533	317	425	Zone J				425	有	HOMEPA	有劣適應				觸發：(1) 增加溫室氣體排放、(3) 高機會成本、(5) 路徑依賴 結果：強化對
8	エイブル白馬五竜	A1-B1-C1	長野（中部）	1676	750	1213	Zone J				1213							
9	かたしな高原スキー場	A1-B1-C1	群馬（関東）	1268	948	1108	Zone J				1108							
10	ニセコ東急グランドヒラフ	A1-B1-C1	北海道	1200	260	730	Zone H				1030	有	[Nisek	有劣適應	100%	有劣適應	Golden W	有劣適應 觸發：(1) 增加溫室氣體排放、(3) 高機
11	タングラム斑尾東急リゾー	A1-B1-C1	長野（中部）	1350	910	1130	Zone J				1130	有	Tangram	有劣適應				觸發：(3) 高機會成本 結果：觀光導向下的農業表演化與生產脆弱化理由：
12	白馬岩岳スキー場	A1-B1-C1	岐阜（中部）	1350	910	1130	Zone J				1130							
13	斑尾高原スキー場	A1-B1-C1	長野（中部）	1350	910	1130	Zone J				1130							
14	野沢温泉スキー場	A1-B1-C1	長野（中部）	1650	565	1108	Zone J				1108	有	COMP	有劣適應				觸發：(5) 形成路徑依賴 結果：雪資源依附與氣候風險放大理由：以滑雪文
15	白馬八方尾根スキー場	A2-B1-C1	長野（中部）	1831	760	1296	Zone J				1296	有	What's	有劣適應				觸發：(5) 形成路徑依賴 結果：回彈的脆弱性 理由：延續以能源轉換維持
16	ハンターマウンテン塩原	A2-B1-C1	栃木（関東）	1638	1138	1388	Zone J				1388							
17	たんばらスキーパーク	A2-B1-C1	群馬（関東）	1550	1250	1400	Zone J				1400							
18	東急リゾートタウン蓼科	A2-B1-C1	長野（中部）	1400	1310	1355	Zone J				1355							
19	岩手網張温泉スキー場	A2-B1-C1	岩手（東北）	1350	750	1050	Zone H				1350	有	HOMEPA	有劣適應				觸發：(5) 形成路徑依賴 結果：雪資源依附與氣候風險放大 理由：雖提供
20	木曾福島スキー場	A2-B2-C1	長野（中部）	1904	1200	1552	Zone J				1552							
21	白樺高原国際スキー場	A2-B2-C2	長野（中部）	1830	1530	1680	Zone J				1680							
22	しらかば2in1	A2-B2-C2	長野（中部）	1834	1565	1700	Zone J				1700							
23	御嶽スキー場	A2-B2-C2	長野（中部）	2240	1680	1960	Zone J				1960							

