

國立臺北大學自然資源與環境管理研究所
108 學年度第二學期 『清潔生產與工業生態』

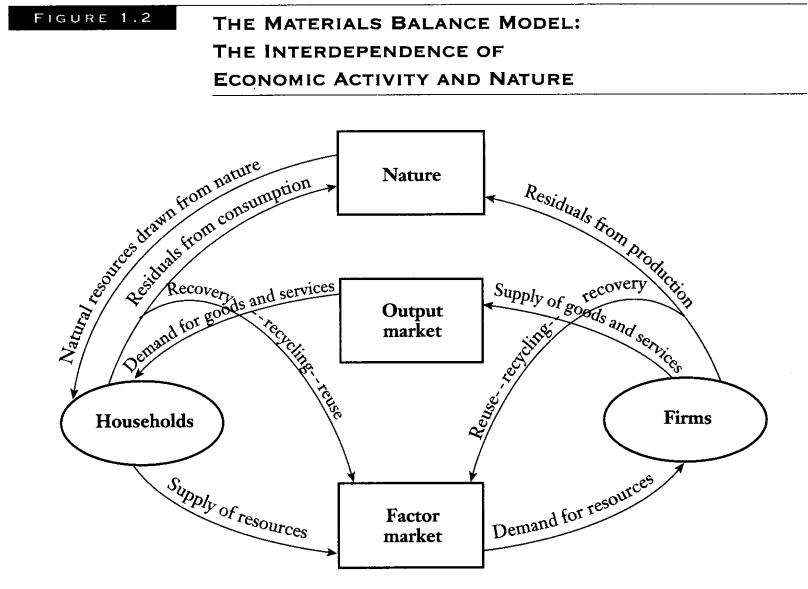
課程進度(10)：物質流分析與物質流成本會計
Material Flow Analysis and Material Cost Accounting

● MATERIAL FLOW ANALYSIS (G&A, Chp.17)

- Budgets and Cycles: Conservation of Mass
 - ⇒ Level, Sources, and Sinks => Final sinks of resources or materials
 - ⇒ Residence time and Age
- Resource Analyses in Industrial Ecology
 - ⇒ Elemental Substance Analysis and Molecular Analysis
- Balance between Natural and Anthropogenic Mobilization of Resources

● NATIONAL MATERIAL ACCOUNTS (G&A, Chp.18)

- National-Level Accounting: National Material Accounts
- Country-Level Metabolism:
 - ⇒ Total Material Requirement (TMR): Domestic Material Input (DMI) and Domestic Material Consumption (DMC)
 - ⇒ Domestic Processed Output (DPO)
- Embodiments in Trade
- Resource Productivity
- Input-Output Tables
- Sustainable Material Management
- Material Cost Accounting
 - ⇒ ISO 14051 ⇒
 - “Negative Products”
- Industrial Metabolism and Urban Metabolism



SOURCE: Adapted from Allen V. Kneese, Robert U. Ayres, and Ralph C. D'Arge. *Economics and the Environment: A Materials Balance Approach*. Washington, DC: Resources for the Future, 1970.

● TYPES OF MATERIAL FLOW ANALYSIS (Ayres, Chp.8 -- Bringezu and Moriguchi)

- Industrial / Societal Metabolism
 - ⇒ Material flow analysis (MFA) refers to the analysis of the throughput of process chains comprising extraction or harvest, chemical transformation, manufacturing, consumption, recycling and disposal of materials.
- Specific environmental problems related to certain impacts per unit flow of:
 - ⇒ Ia. Substances: Substance Flow Analysis
 - ⇒ Ib. Materials: Bulk Material Analysis
 - ⇒ Ic. Products: Life Cycle Assessment

- Problems of environmental concern related to the throughput of:
 - ⇒ IIa. Firms: Material Flow Costing Accounting / Eco-Efficiency
 - ⇒ IIb. Sectors: Physical Input-Output Analysis / Critical Flux
 - ⇒ IIc. Regions: Economy-wide Material Flow Analysis / Final Sinks
- The term ‘MFA’ has usually referred to analyses of types Ia, Ib, IIb and IIc. Studies of type Ic are generally considered to fall under the heading of LCA. Accounting of type IIa is mainly related to environmental management.

Table 8.1 Types of material flow-related analysis

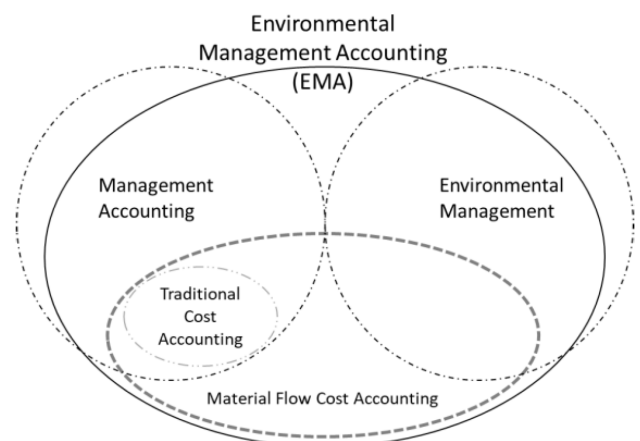
Type of analysis	I		
	a	b	c
Objects of primary interest	Specific environmental problems related to certain impacts per unit flow of:		
	substances e.g. Cd, Cl, Pb, Zn, Hg, N, P, C, CO ₂ , CFC	materials e.g. wooden products, energy carriers, excavation, biomass, plastics	products e.g. diapers, batteries, cars
	within certain firms, sectors, regions		
	II		
	a	b	c
	Problems of environmental concern related to the throughput of:		
	firms e.g. single plants, medium and large companies	sectors e.g. production sectors, chemical industry, construction	regions e.g. total or main throughput, mass flow balance, total material requirement
	associated with substances, materials, products		

Source: Adapted from Bringezu and Kleijn (1997).

● MATERIAL FLOW ANALYSIS AND MATERIAL BUDGET (Reddy et al., 2019: Chp.7)

● MATERIAL COST ACCOUNTING

- Environmental Management Accounting
 - ⇒ Environmental Management
 - ⇒ Management Accounting
 - ⇒ Traditional cost accounting vs. Material Flow Cost Accounting
- MFCA has been developed in Germany in the late 1990s. After 2000, MFCA was tremendously supported by the Japanese Ministry of Trade and Industry (METI).
- MFCA is ISO-standardized to 14051:2011 (General framework), 14052:2017 (Guidance for practical implementation in a supply chain) and 14053 is currently under development (DIS) addressing MFCA in small and medium sized enterprises (SMEs).



物質流分析主要評估資源或物質由開採到棄置等各生命週期階段的工業代謝過程。依據本計畫彙整相關文獻 (Steurer, 1996; Tjahjadi et al., 1999; Palm, 2002; Bringezu, 2004)，物質流分析依其探討對象可分為三類：經濟體的總物質需求分析 (TMR)；大宗物質流分析 (Bulk-MFA)，例如石油、塑膠、木材等塊材物質之流動分析；以及針對特定元素進行之工業代謝分析 (Substance Flow Analysis, SFA)，例如重金屬、氮化合物等元素或化合物之流動分析。經濟體總物質需求分析 (TMR) 主要用以評估資源生產力與去物質化政策發展方向；塊材物質流分析 (Bulk-MFA) 則可用以分析塊材物質之工業代謝循環概況，進而探討資源善用程度，亦或研擬合適之回收政策；特定物質工業代謝分析 (SFA) 則可用以探討若干毒性較強或環境累積性較高之元素或物質，其於環境中代謝消長之循環關係。依據 Steuer (1996) 及 Tjahjadi et al. (1999) 之研究建議，物質流分析所關切之對象、決策管理議題類別與其對應之尺度範圍如圖 1 所示。此外，Bringezu and Moriguchi (2002) 則嘗試從工業生態角度出發，探討各類物質於工業系統中之代謝循環機制，該研究並提具物質工業代謝分析之對象可為：特定物質 (substance)、塊材物質 (material) 及產品 (product) 等三類，涵蓋之尺度則可為廠商 (firm)、產業部門 (sector) 或經濟體 (economy) 等三項。

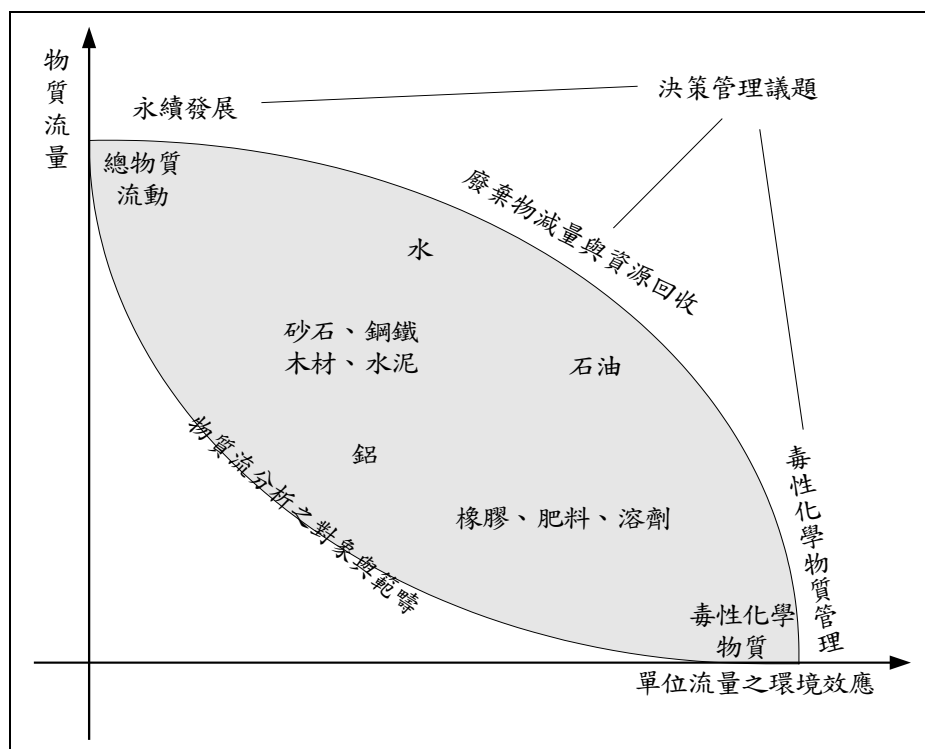


圖 1 物質流分析之尺度與管理議題 (修改自 Steurer, 1996; Tjahjadi et al., 1999)

一般而言，物質流分析有四個步驟：(1) 目標與範疇界定、(2) 投入與產出量之盤查、(3) 物質平衡計算、(4) 建立模型與預測評估 (Bringezu, 2004)。第一步驟先行選定欲分析的特定物質，並確認分析目標及系統因子項目，以界定分析範疇；另外，時間和空間的不同也會影響物質流分析的分類項目與作用範圍。第二步驟則是進行細部的物質流動分析，包括投入和產出的過程及其流動數量的說明和調查。第三步驟須和第二步驟配合進行，其基本原則是將系統中的投入與產出質量維持平衡，同時檢查遺漏的數據資料，以協助建構數學模型與進行電腦模擬。最後一個步驟是將所得之分析數據建立動態模型，並以最終的結果評估建模的假設與目的之合適性。

物質流成本分析(Material Flow Cost Accounting, 簡稱 MFCA), 在 1990 年代起源於德國, 其概念為從能資源流動與其成本的角度, 檢視生產製程中之投入與產出對環境造成的衝擊, 並設法降低能資源使用量, 以達到節省生產成本之經濟面, 與減少不必要浪費之環境面。

MFCA 在 2000 年左右引入日本, 為日本的企業廣泛採用, 日本並於 2008 年正式提交制定 MFCA 標準之提案, 在其大力的推動下, MFCA 已於 2011 年成為國際標準化組織(International Organization for Standardization, ISO)的一個不具有強制性的符合性評估標準, 『ISO14051』。

MFCA 主要的概念在於, 其將所有製程中的產出皆視為產品, 分別為正產品與負產品。正產品為可販售獲利之物品; 負產品為所投入之能資源及製造過程中所產生的廢棄物, 後續將正負產品皆換算成金錢的形式, 並加以計算評估, 可清楚地看出整個生產流程中, 原物料、能源、廢棄物等的流動情形, 找出生產製程中成本較高的地方或是不合理的地方, 思考解決對策並進一步做改善。

MFCA 是一個管理的工具, 目的在協助產業更容易了解潛在的環境和他們在物質與能源的使用對財務所造成的結果, 兼具物質流與金錢流的雙重邏輯與分析, 提供組織內部決策依據。故工業局在能協助產業獲利兼顧環境永續之立意方向下, 界定 104 年作為國內 MFCA 導入期, 於 8 月引進 MFCA, 妥善協助業者建置一套能與國際接軌的生產力提升制度, 讓產業上下游串聯、與同業攜手, 建構完善的 MFCA 推動環境, 做為產業的後盾, 協助產業以綠色供應鏈、綠色產品為終極經營目標, 把握「綠色」商機, 賺進「綠金」。……

為塑造一個讓產業能自行執行 MFCA 的優良環境, 工業局更進一步編制國內首份「2019 物質流成本分析案例彙編」與「產業導入物質流成本會計指導手冊」, 做為業者推動之學習標竿與入門參考書。

在環境永續、生態保護前提下, 政府已陸續制訂更完整的環保規範、更落實執行法規要求, 也須同時面對經濟發展、產業生存之需求, MFCA 正提供一套協助企業「兩全其美」的方法, 運用分析、溯源減廢, 協助產業減少成本、增加利潤, 同時達到節能減碳、環境保護等產業綠色化, 深植成為國內產業創新與提升競爭力之管理模式, 兼具企業社會責任之目的, 更可打造我國成為全球實踐綠色競爭力的標竿地區, 促動國際推動經驗交流, 提升我國於全球推動綠色產業之領先形象。

(<https://www.idbcfp.org.tw/ViewData.aspx?nnid=227>)

