



气候政策对城市生活垃圾可持续管理发展的影响： 从围绕焚烧、堆肥和分类回收的一系列争论谈起

赵昂

11 August 2021



磐之石 ROCK ENVIRONMENT
AND ENERGY INSTITUTE
环境与能源研究中心

内容

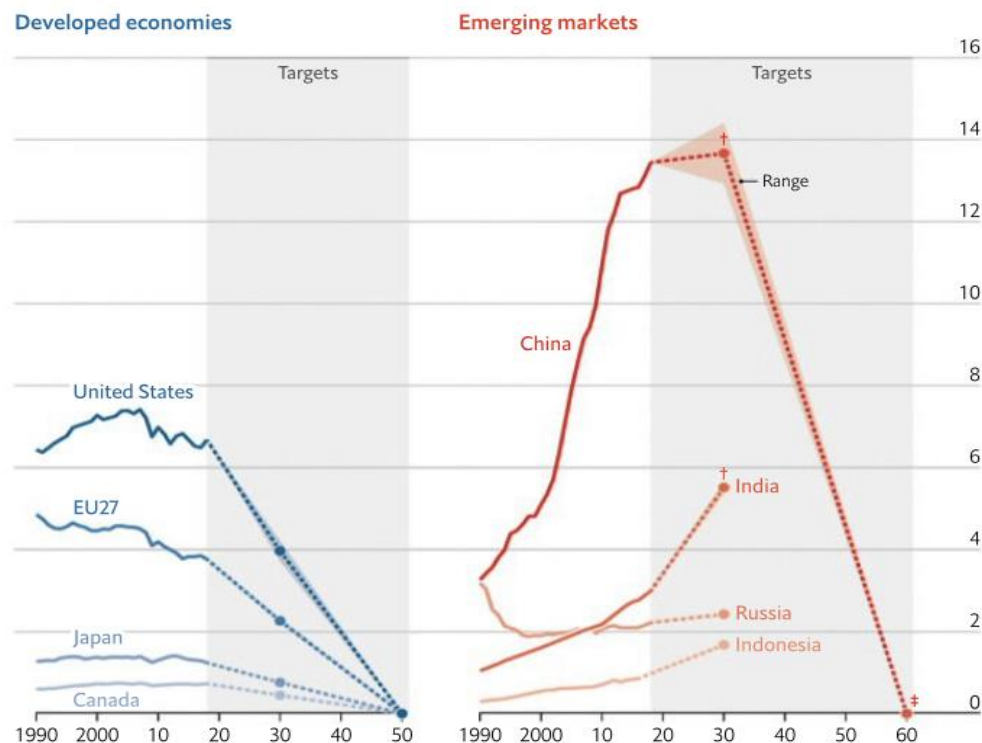
- 气候治理理论和政策实践
 - 外部性和免费搭车
 - 共同但有区别的责任 - 》量力而行 - 》“全力以赴”和竞争中合作
- 对生活垃圾管理的影响
 - 焚烧是低碳的
 - 堆肥固碳作用太小
 - 分类回收的成本收益
- 总结：跳出“圈外”看问题

气候治理理论：经济学视角

- 公共品管理
 - 外部性
 - 免费搭车
 - 当代
 - 代际
- 长期的成本收益估算
 - 贴现率
 - 可持续发展

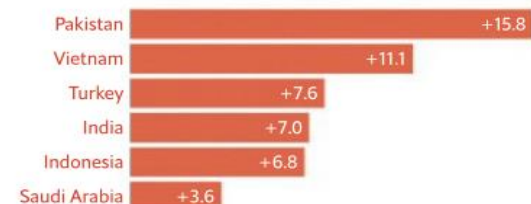
→ Emerging-market countries' climate goals leave a lot of room for them to emit more greenhouse gases

Greenhouse-gas emissions*, tonnes of CO₂ equivalent, bn
Four largest emitters in each group

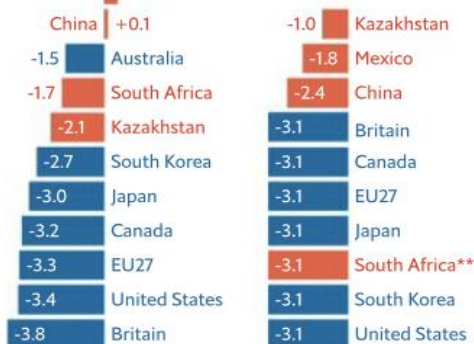


Annual change in emissions allowed by targets
From 2018 or latest available, % points

Short-term targets 2030 or earlier[§]



Long-term targets
2050 or later



*Excluding forestry and other land use, except net-zero targets which include emissions removals from these sources
†Multiple targets ‡Unclear whether this targets CO₂ or all greenhouse gases §Assuming any conditions are met. Where target is a range, the average is used **Not yet official Sources: Climate Action Tracker; World Resources Institute

气候治理政策实践 1995-2020

➤ 共同但有区别的责任、全球碳预算和各国碳排放量的动态变化

- 1997 – 京都议定书的局限 - 无奖惩机制
- 2015 – 巴黎协定是不够的 – 与控温目标的差距
- 2020 – 加速
 - 2018 气候行动峰会
 - 2019 欧盟2050碳中和目标
 - 2020 更多国家承诺碳中和

Disconcerting spreads

Warming above pre-industrial levels in 2100, °C



Source: Climate Action Tracker

气候治理政策实践 2020-2030

- 巴黎协定下国际自主贡献目标 (NDCs)
- 产业政策：
 - 电动车、
 - 碳捕获和封存 (CCUS)

Table 40: Announcement of car manufacturers on zero-emission vehicles

Manufacturer	Announcements	Type of vehicles	Year
Volvo Cars	50% 100%	BEV BEV	2025 2030
Volkswagen group	<i>More than 70%</i>	<i>BEV</i>	<i>2030</i>
<i>Volkswagen</i>	<i>100%</i>	<i>BEV, PHEV,</i>	<i>2035</i>
<i>Porsche</i>	<i>100%</i>	<i>HEV</i>	<i>2030</i>
<i>Audi</i>	<i>100%</i>	<i>BEV</i>	<i>2033</i>
General Motors	100%	BEV	2035
Jaguar Land Rover	100%	BEV, PHEV(unclear)	2030
<i>Jaguar</i>	<i>100%</i>	<i>BEV, PHEV</i>	<i>2025</i>
Ford	100% 100%	BEV, PHEV Only BEV	2026 2030
Stellantis	70%	BEV, PHEV	2030
BMW	At least 50%	BEV	2030
<i>Mini</i>	<i>100%</i>	<i>BEV</i>	<i>2030</i>
Nissan	100%	BEV, PHEV, HEV	2030
Renault Group (Renault brand)	65% 90%	ZEV, PHEV, HEV ZEV, PHEV, HEV	2025 2030
Daimler	Up to 25%	BEV	2025
Honda	100%	BEV, PHEV, HEV	2040
Toyota	1 million BEV globally	BEV	2030

来源： EU Fit for 55 Policy Package, 2021

气候治理政策实践 2020-2030

➤ 贸易政策：碳边境调整

➤ 双边合作：

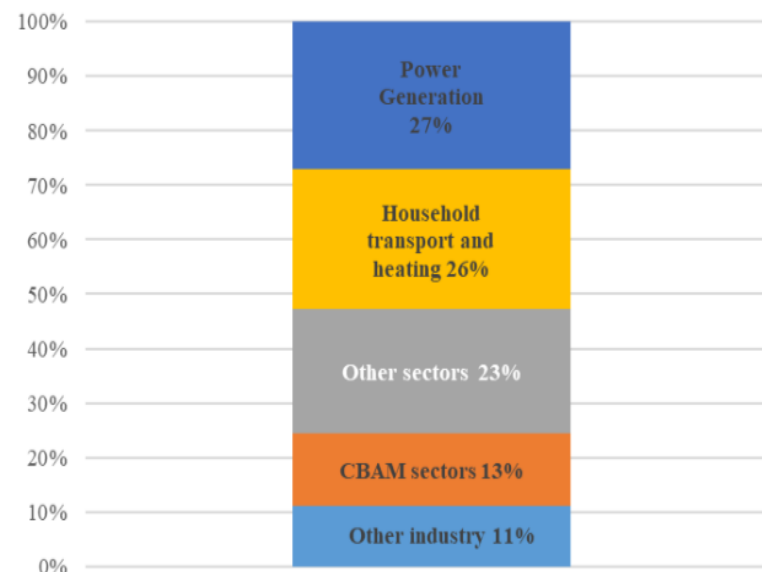
➤ 中欧

➤ 中美

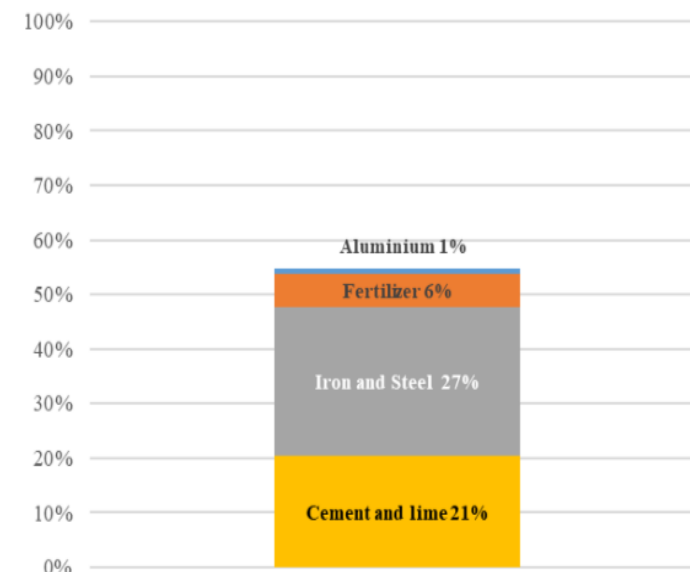
➤ 欧美

Figure 7: Direct CO₂ equivalent emissions in the CBAM sectors – EU 27 in 2020

Share of direct CO₂eq emissions in the CBAM sectors in total CO₂eq relative to other sectors



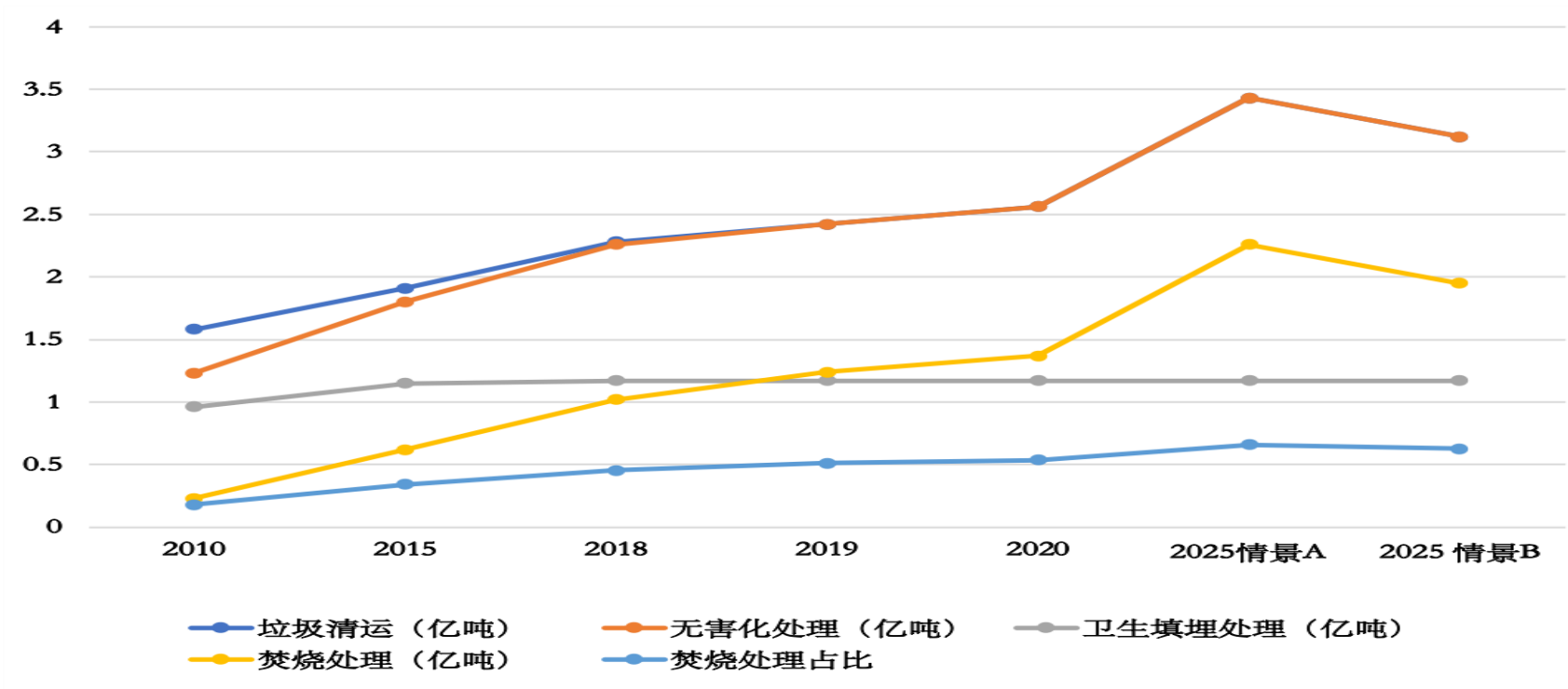
Share of direct CO₂eq emissions in the CBAM sectors relative to total industrial emissions



Source: JRC-GEM-E3 model

争论之一：焚烧是低碳的

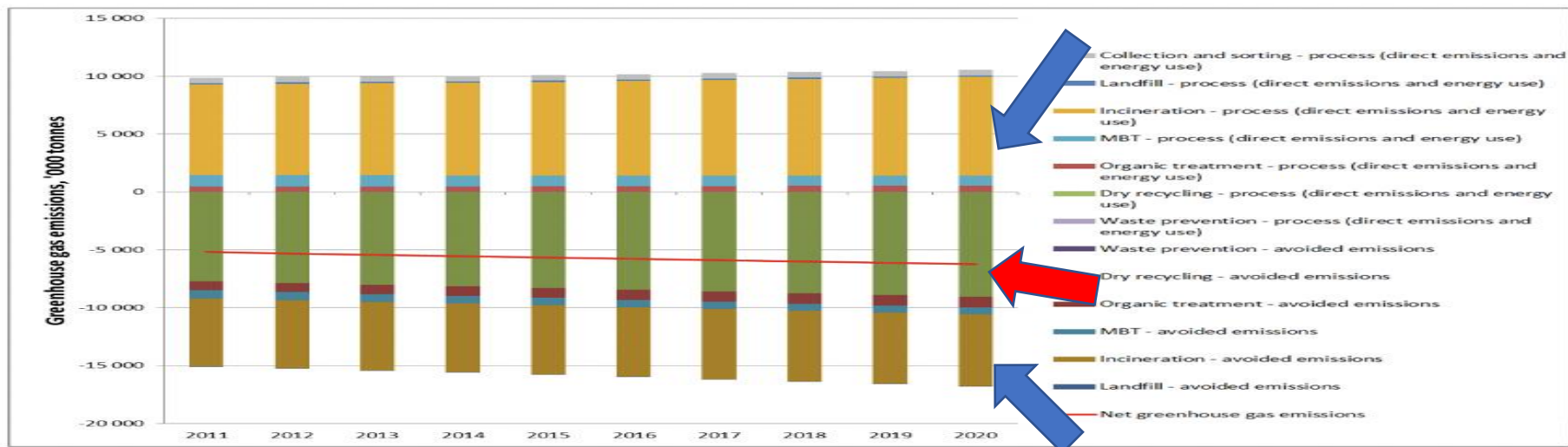
中国城市生活垃圾处理方式占比变化，2010-2025



来源：《中国统计年鉴》；注：2020、2025年的数据根据情景分析而得。

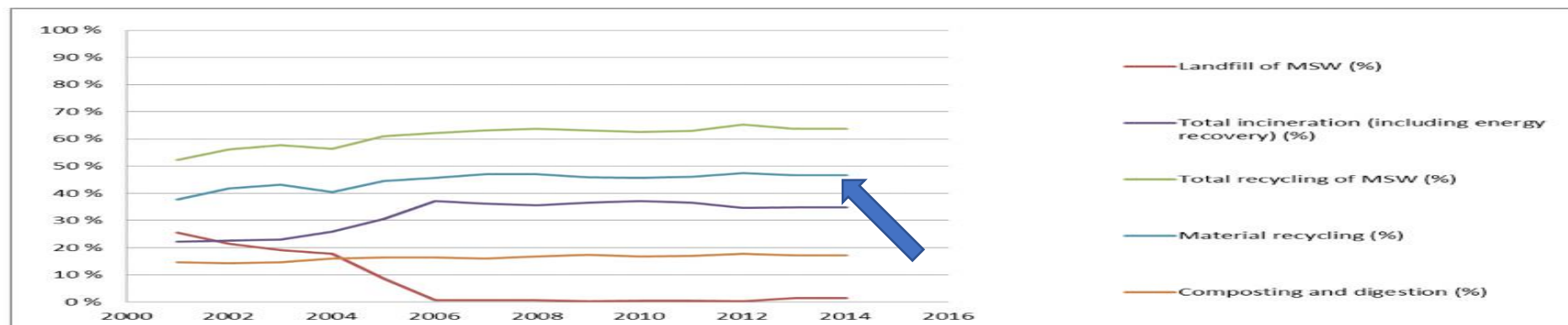
德国生活垃圾碳排放，2011- 2020

Figure 2.5 Germany, scenario for greenhouse gas emissions from municipal waste management in, 2011–2020



Source: ETC/WMGE, calculation based on the European Reference Model on Waste

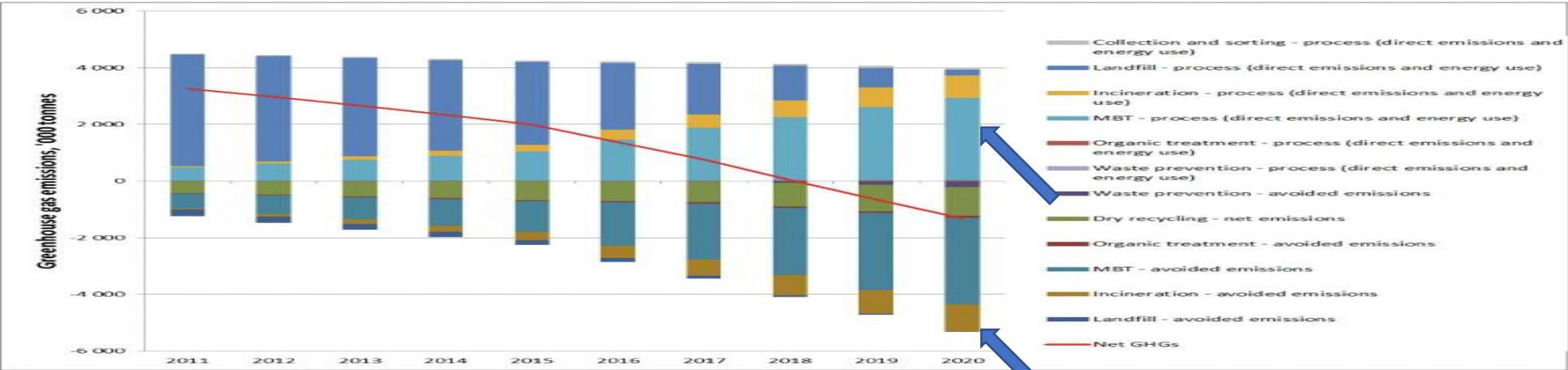
Figure 2.4 Germany, development of recycling, landfill and incineration of municipal waste, 2001–2014, per cent



Source: Eurostat, 2016

波兰生活垃圾碳排放 2011- 2020

Figure 2.5 Poland, scenario for greenhouse gas emissions from municipal waste management, 2011–2020

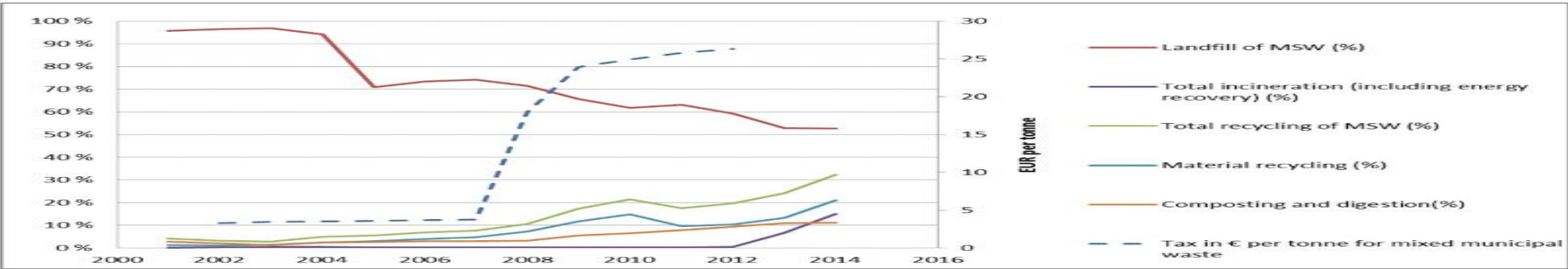


Source: ETC/WMGE, calculation based on the European Reference Model on Waste.

Note: results presented in this figure should not be used for the compilation of greenhouse gas reporting to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) national inventory report, or be compared with IPCC figures, as the methodology employed here relies on life-cycle thinking and, by definition, differs substantially from the IPCC methodology.

MBT means mechanical-biological treatment.

Figure 2.4 Poland, landfill tax and municipal waste management, 2001–2014, per cent and EUR per tonne

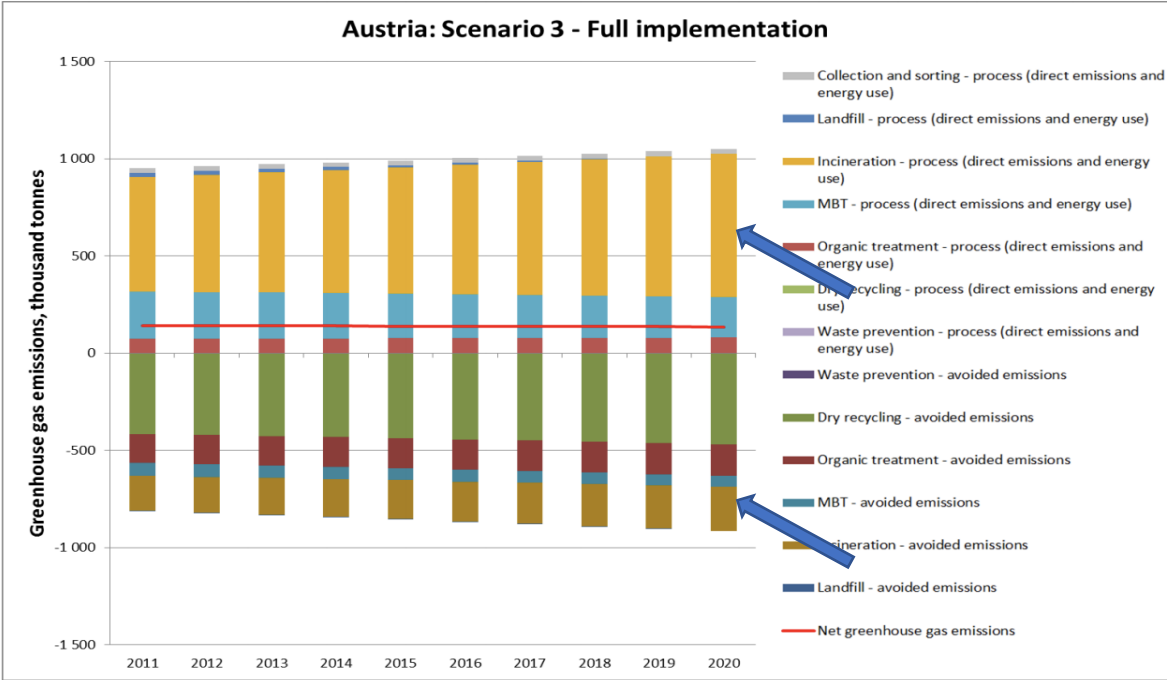


Source: Eurostat, 2016 ; ETC/SCP, 2012.

Note: the percentages reflect the recycling rate of generated MSW in the period 2005–2014, and of collected MSW in the period 2001–2004.

奥地利生活垃圾碳排放2011- 2020

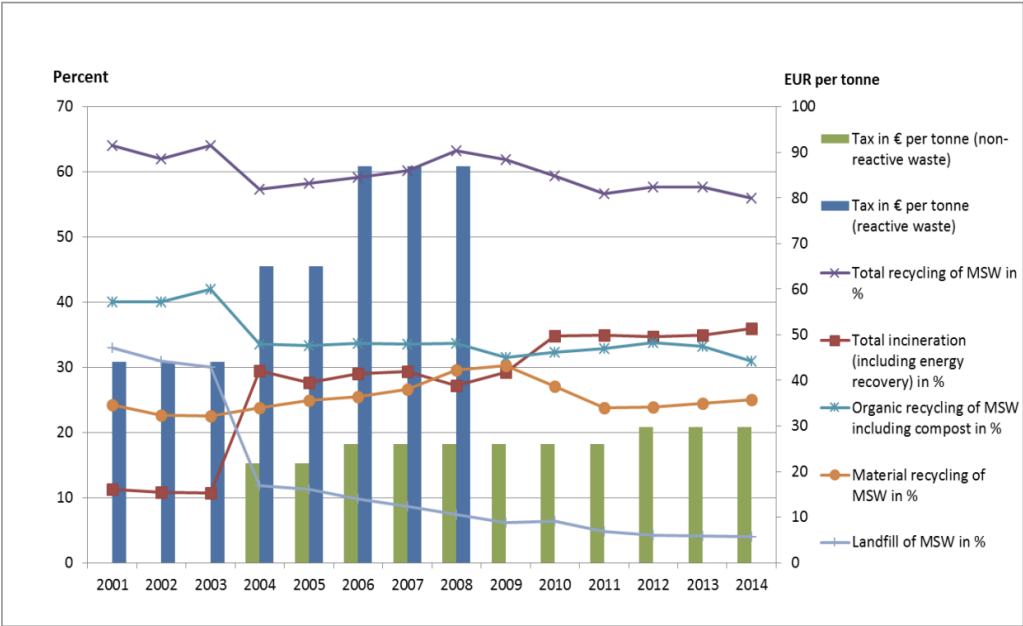
Figure 2.6 Austria, scenario for greenhouse gas emissions from municipal waste management, 2011–2020



Source: ETC/WMGE, calculation based on the European Reference Model on Waste

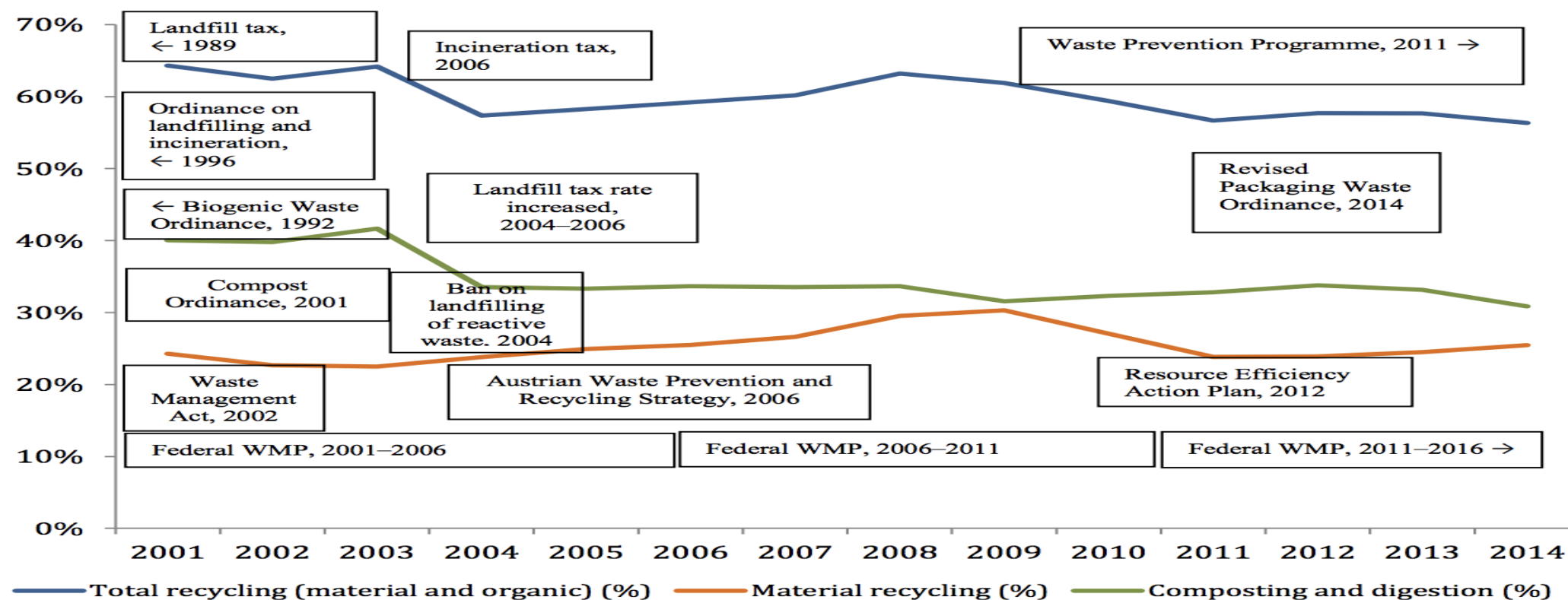
Note: Results presented in this figure should not be used for the compilation of greenhouse gas reporting for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) national inventory report, or be compared with IPCC figures, as the methodology employed here relies on life-cycle thinking and, by definition, differs substantially from the IPCC methodology.

Figure 2.5 Austria, development of landfilling, incineration and recycling of municipal waste and the landfill tax, 2001–2014, per cent and EUR per tonne



Source: Austria, 2016 ; Eurostat, 2016a ; ETC/SCP, 2012

Figure 2.7 Austria, recycling of municipal waste, per cent, and important policy initiatives, 2001-2014



Source: Eurostat, 2016a

电力结构

	煤炭发电占比		天然气发电占比		低碳发电占比	
	2014	2019	2014	2019	2014	2019
中国	75%	69%	3%	5%	21%	25%
美国	39%	24%	28%	39%	32%	36%
波兰	84%	77%	4%	9%	10%	12%
德国	44%	30%	15%	20%	37%	46%
奥地利	7%	5%	17%	20%	72%	71%

来源： IEA

焚烧是否低碳，关键是电网碳强度

混合生活垃圾焚烧发电碳排放（单位：千克CO₂^e/吨）

增加排放		避免的排放		净排放
非生物质焚烧过程的CO ₂ 排放	100	替代电网发电	-140	
焚烧过程中的N ₂ O排放	10	燃烧过程回收钢	-10	
垃圾运输的交通排放	10			
小计	120		-150	-30

来源：美国环保署（EPA）2006年9月发布的《固体废弃物管理和温室气体：排放和沉积的生命周期评价》（第三版）

➤ 影响混合垃圾焚烧碳排放的因素

- 混合垃圾热值（10 Million Btu/ton）
- 燃烧（发电）系统效率（17.8%）
- 电网排放因子（避免单位发电碳排放）
 - 77kgCO₂E/Million Btu of Electricity Delivered
 - 0.17kgCO₂E/Kwh
- 燃烧过程的CO₂排放、N₂O（氧化亚氮）排放
- 垃圾运输碳排放

争论之二：有机垃圾堆肥还田的气候效应太小

➤ 分散式堆肥，可以实现固碳60千克/湿吨；集中式堆肥 50千克/湿吨；差别：交通排放10千克/湿吨

气候效应	原理	碳排放量（千克二氧化碳当量/湿吨生物质废弃物）
甲烷排放	好氧堆肥一般不产生甲烷（CH ₄ ）； 甲烷从堆肥料核心到达富氧的堆肥料表面的过程一般会氧化分解转化成二氧化碳；	0
碳储存	土壤碳恢复过程	-20
	土壤腐殖质增加	-50
碳排放	非生物相关（来自生物废弃物搜集和运输到集中点和机械翻料过程的能耗所对应的碳排放）	10
碳排放	生物相关碳排放（在堆肥过程和肥料返回土壤后发生的排放，由于其来源于生物质本身，因此不计入碳排放清单	0
净排放	储存的碳排放减去增加的碳排放	-50

➤ 来源：美国环保署（EPA）2006年9月发布的《固体废弃物管理和温室气体：排放和沉积的生命周期评价》（第三版）

堆肥还田案例

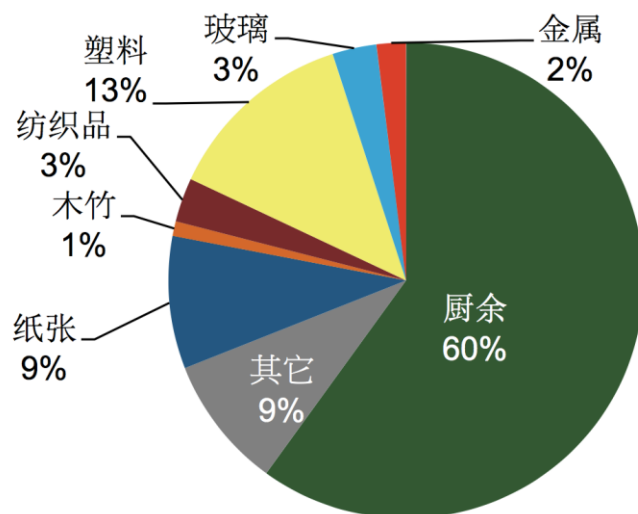
- 假设
 - 上海日均厨余垃圾堆肥量达到5000吨，年堆肥量180万吨
- 结果
 - 堆肥还田固碳量达10.8万吨CO₂/年

上海市生活垃圾分类的阶段性效果

上海垃圾分类数据	2020年5月	2019年5月	同比
湿垃圾日均分出量	9796吨/日	5660吨/日	增加73%
干垃圾日均处置量	15351吨/日	22134吨/日	减少31%
可回收物日均回收量	6266吨/日	2580吨/日	增加143%

来源：上海市绿化市容局

堆肥还田的固碳效果



假设

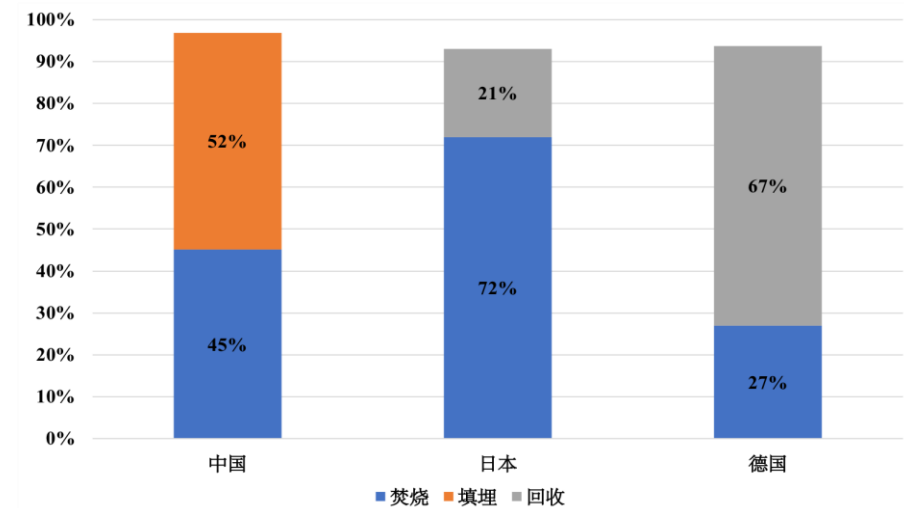
- 2030年中国厨余垃圾堆肥量达5250万吨
 - 堆肥比例30%;
 - 年生活垃圾清运量3.5亿吨(厨余垃圾占比假设为50%)
- 结果
 - 堆肥还田固碳量可达315万吨CO₂/年
 - 相当于121万吨标煤的碳排放
 - 35.6亿千瓦时电力对应的碳排放 (参考2012年华北电区域电网排放因子)

来源: 《中国城市生活垃圾中生物质组分的回收利用研究》, 图7-9, p77.
https://www.retech-germany.net/fileadmin/retech/02_projekte/china_studie/2017-03-16_BioChina_chinesisch.pdf

争论之三：分类回收的成本收益

- 最显著的碳减排效果
- 未来的碳价格

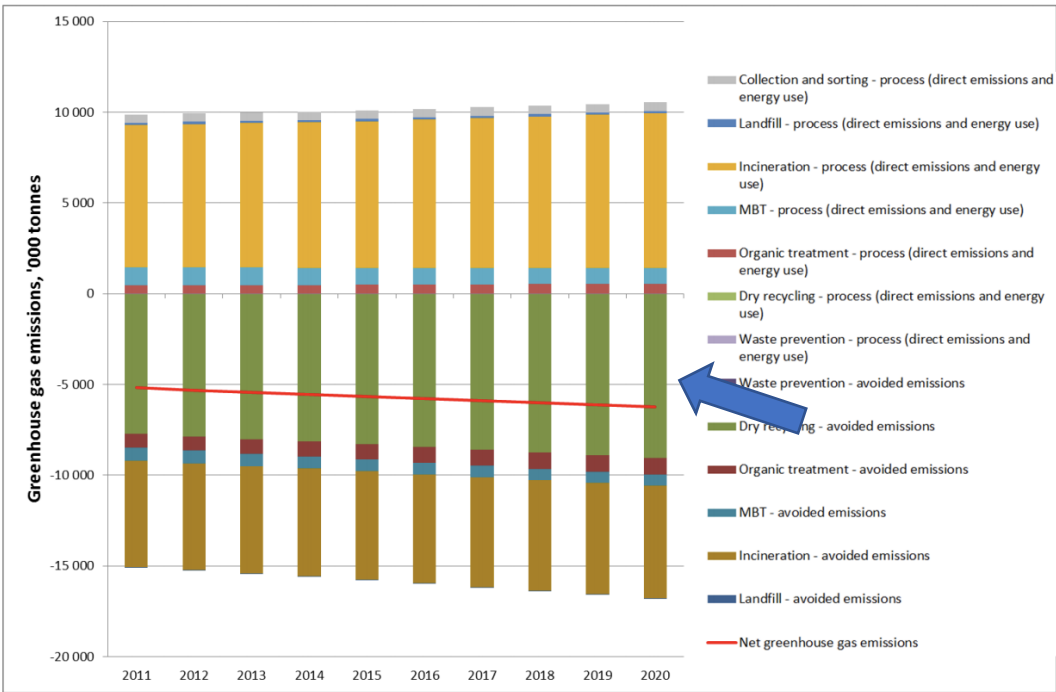
中国、德国和日本垃圾处理方式占比对比



*中国垃圾填埋和焚烧（2018年）；德国焚烧（2017年）、回收（2015年）；日本焚烧（2016年）、回收（2014年）

来源：《中国统计年鉴》、《Current State and Trend of Waste and Recycling in Japan》、《Waste Management in Germany 2018》

Figure 2.5 Germany, scenario for greenhouse gas emissions from municipal waste management in, 2011–2020



Source: ETC/WMGE, calculation based on the European Reference Model on Waste

小结：跳出“圈外”看问题

- 堆肥与生物多样性丧失 - **30%**
- 焚烧与能源转型 - **100%**
- 分类回收与循环经济 - **80%**

谢谢!



磐之石环境与能源研究中心
ROCK ENVIRONMENT AND ENERGY INSTITUTE



磐之石 ROCK ENVIRONMENT
AND ENERGY INSTITUTE
环境与能源研究中心