

· 管理纵横 ·

日本“绿色创新基金”研发计划及对我国的启示

李岚春^{1,2} 陈伟^{1,2,3*} 岳芳^{1,2} 汤匀^{1,2}

1. 中国科学院武汉文献情报中心, 武汉 430071
2. 科技大数据湖北省重点实验室, 武汉 430071
3. 中国科学院大学 经济与管理学院, 北京 100190

[摘要] 在碳中和框架下,日本特别设置了以“绿色创新基金”研发资助体系为主的工具,确保在国际技术市场占据优势地位。从基金总体部署、管理机制、技术链条、资助对象、应用体系等方面,系统解构日本碳中和研发资助体系管理架构、重点布局等情况。结合我国发展实际,提出完善“双碳”科技计划体系相关建议:1) 改革管理体制建立高效科技计划管理体系;2) 编制技术创新路线图提出优先技术发展路径;3) 强化国家战略科技力量引领作用,支持科技领军企业推动技术大规模推广;4) 加速“双碳”技术多元化场景应用实现;5) 优化科技计划的决策支撑体系。

[关键词] 碳中和;绿色增长战略;绿色创新基金;科技计划;日本

党的二十大报告提出“积极稳妥推进碳达峰碳中和”。随着中国正式提出“2030 碳达峰、2060 碳中和”目标,各级政府、行业相继出台实施一系列政策举措,“1+N”政策体系不断完善。其中,“双碳”科技行动取得显著进展,教育部发布《高等学校碳中和科技创新行动计划》,中国科学院制定“科技支撑碳达峰碳中和战略行动计划”,科技部等九部门印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022—2030年)》,国家自然科学基金委员会出台《“双碳”基础研究指导纲要》,中国“双碳”科技创新计划体系加速推进。

实现全球碳中和目标要求科技创新取得质的飞跃^[1],而公共财政研发经费投入的激励导向是关键动力。2020年,日本政府出台《2050年碳中和绿色增长战略》(以下简称“绿色增长战略”)^[2],并创设激励企业研发和吸引资本投入的“绿色创新基金”,围绕重点产业密集启动多项长周期大型资助项目,实施碳中和目标引领、管理机制改革、企业主导实施、社会应用推广、技术创新链构建等一系列创新举措,形成了政、产、学、研、金广泛合作的碳中和研发资助体系,支撑



陈伟 中国科学院武汉文献情报中心战略情报部副主任、研究馆员,中国科学院大学经济与管理学院硕士生导师。主持和参加了国家高端智库试点重大项目、国家“十四五”能源领域科技创新规划、中科院战略性先导科技专项等百余项高层次决策咨询课题,国内外核心期刊发表论文70余篇,出版10余部专著/译著,多份咨询报告被决策部门采用;主要研究方向为情报理论方法与应用、先进能源科技战略研究、科研前沿技术识别。



李岚春 中国科学院武汉文献情报中心助理研究员,主要研究领域为能源和双碳科技战略情报与政策评价。

“经济和环境的良好循环增长”的长远目标。

因此,本文旨在系统解析日本绿色创新基金的研发布局、管理体制、技术体系、资助对象、技术实现及逻辑结构等内容,研判提出完善中国“双碳”科技计划体系的相关对策建议。

收稿日期:2022-09-02;修回日期:2022-11-08

* 通信作者,Email:chenw@whlib.ac.cn

本文受到国家自然科学基金专项项目(L2124035),中国科学院 A 类战略性先导科技专项(XDA21010103),中国科学院战略研究与决策支持系统建设专项(GHJ-ZLZX-2022-13-03)和中国科学院轻型动力创新研究院创新引导基金项目(CXYJJ21-MS-01)的资助。

1 日本“绿色创新基金”总体部署

1.1 基金总体框架

在碳中和绿色增长战略框架下,日本将研发预算列为最主要的五大政策工具之一,并主要依托“绿色创新基金”实施。

作为支撑“2050 碳中和绿色增长战略”的大型长期资助计划,日本政府出资 2 万亿日元设立“绿色创新基金”,重点围绕绿色增长战略的 3 大产业类型和 14 个具体产业领域,通过撬动大量国际资本、民间资金投入,激励科技领军企业联合高校、科研机构等,持续开展碳中和技术研发、示范应用直到社会推广^[3]。其总体框架如图 1 所示。

1.2 基金实施概况

截至 2022 年 10 月底,日本绿色创新基金已启动 19 个为期十年的大型研发资助主题^[4]。其中,完成公开招标资助主题 16 个,经费预算金额达 1.64 万亿日元,共计资助项目 46 项(正式立项 44 项、2 项空缺)、课题 84 项(正式立项 82 项、2 项空缺),资助金额达 1.51 万亿日元,资金落实率达 92.3%。其他三项主题尚未立项,食品、农林、渔业碳吸收和促进碳循环的生物制造技术 2 个主题处于申报阶

段,下一代数字基础设施主题仅发布公告。如表 1 所示。

2 日本绿色创新基金研发体系主要特征

2.1 聚焦国家战略需求导向,全面支撑绿色增长战略

绿色创新基金总体方针要求每个项目聚焦绿色增长战略所对应的产业领域^[5],基于对产业国际竞争力以及技术成熟度研判,提出从开发、实证、应用到降低成本、自主商用等阶段目标,制定与碳中和目标相对应的 2030 年具体指标(包括性能、投资金额、生产效率、碳去除量等)以及商业化应用前景。基金项目对承担单位的碳中和目标、制度建设、投入机制、商业应用等提出更高要求,构建激励科技领军企业研发创新并广泛支撑碳中和愿景的技术产业化实施体系,以最大限度发挥基金效益^[6,7]。

因此,每个资助主题均提出了在技术输出、成果实施两大方面指标。其中,技术输出主要为技术研发目标、目标设定思路、目标评估标准、目标存在困难;成果实施主要为潜在减碳效果(国际和国内)、市场经济效益,以及对日本碳中和目标的贡献潜力。

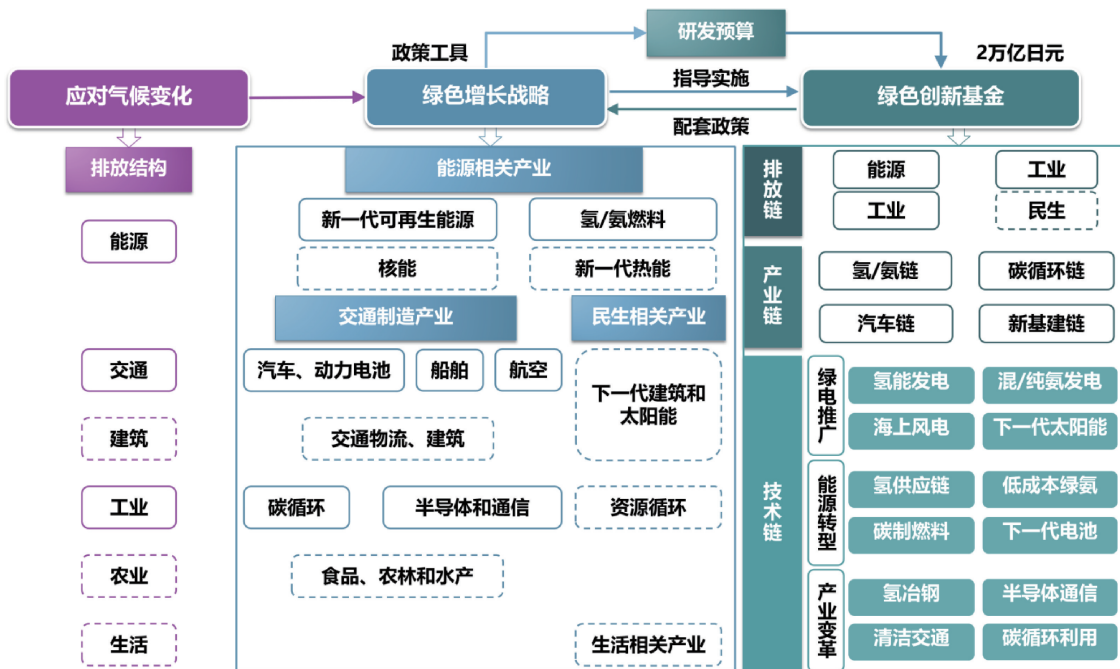


图 1 日本绿色创新基金总体框架示意图^①

注:图中虚线框代表绿色创新基金资助项目尚未涉及。

① 根据 2050 碳中和绿色增长战略、绿色创新基金项目部署整理。

表 1 绿色创新基金研发资助项目清单^①

产业领域	项目主题	资助项目	资金(亿日元)	
			预算金额	资助金额(%)
新一代可再生能源	下一代太阳能电池开发(一期)	<ul style="list-style-type: none"> 下一代太阳电池基础技术开发 下一代太阳电池应用技术开发 下一代太阳电池示范应用(空缺) 	498	193 (38.8%)
	低成本海上风力发电(一期)	<ul style="list-style-type: none"> 下一代风力发电机组 浮动基础设施建设 海上风电相关电气系统 先进海上风电运维 漂浮式海上风电机组示范应用(空缺) 	1 195	294 (24.6%)
氢/氨燃料	大规模氢供应链建设	<ul style="list-style-type: none"> 国际氢供应链技术及液化氢设备评估 氢能发电(混氢、纯氢燃烧)技术 	2 990	3 170 (106%)
	可再生电力电解制氢	<ul style="list-style-type: none"> 大型电解槽开发与示范 电解槽性能评价技术 	700	670 (95.7%)
	氢还原炼钢	<ul style="list-style-type: none"> 高炉氢还原技术 氢直接还原低品位铁矿石技术 	1 935	1 935 (100%)
	燃料氨供应链建设	<ul style="list-style-type: none"> 低成本绿色制氨技术 燃煤电厂混氨/纯氨发电技术 	688	598 (86.9%)
汽车和动力电池	下一代动力电池及电机技术	<ul style="list-style-type: none"> 高性能蓄电池及材料 电机系统 	1 510	1 510 (100%)
	电动汽车节能车载计算模拟技术	<ul style="list-style-type: none"> 自动驾驶开放式平台软件 自动驾驶传感器系统 电动汽车仿真平台 	420	420 (100%)
	建设智能交通社会	<ul style="list-style-type: none"> 最优模拟系统平台 能源与交通管理集成 	1 130	1 130 (100%)
半导体和通信	下一代数字基础设施建设	<ul style="list-style-type: none"> 下一代功率半导体器件制造技术开发 下一代功率半导体晶圆技术开发 下一代绿色数据中心 	1 410	1 376 (97.6%)
航空	下一代飞机研制	<ul style="list-style-type: none"> 氢动力飞机核心技术开发 氢动力飞机轻量化研究 	210.8	210.8 (100%)
船舶	下一代零排放船舶	<ul style="list-style-type: none"> 氢燃料船舶开发 氨燃料船舶开发 LNG 燃料船舶甲烷泄漏对策 	350	320 (91.4%)
碳循环	二氧化碳混凝土制造技术	<ul style="list-style-type: none"> 创新负碳混凝土材料/施工技术及评估 高 CO₂ 利用率混凝土开发及应用 混凝土固碳评估的标准化研究与开发 CO₂ 回收型水泥制造工艺的开发 	567.8	550 (96.9%)
	CO ₂ 制造塑料技术	<ul style="list-style-type: none"> 石脑油分解炉先进技术开发 废塑料、废橡胶化学品制造技术开发 CO₂ 制造功能性化学品技术开发 醇类化学品制造技术开发 	1 262	1 233.7 (97.8%)
	低浓度废气 CO ₂ 分离回收技术	<ul style="list-style-type: none"> 天然气发电 CO₂ 大规模分离回收技术 中小型工厂废气 CO₂ 分离回收技术 建立 CO₂ 分离材料标准评估通用基础 	384.3	377.1
	CO ₂ 制燃料技术	<ul style="list-style-type: none"> 合成燃料 可持续航空燃料 合成甲烷 绿色液化石油气 	1 152.8	1 146 (99.4%)
合计			16 404	15 134 (92.3%)

注：百分比代表经费预算落实情况。

① 根据绿色创新基金资助项目公开文件整理。

2.2 改革基金管理体制机制,构建高效联合管理体系

不同于传统的研发项目管理形式,日本绿色创新基金在管理体系上进行一系列改革创新,构建了更加注重实效性、透明度的联合管理机制,运营管理灵活高效、严格监督,项目实施强调情报调研、审查论证,成果管理重视技术商业化应用,项目保障创新性引入全流程承诺机制。

2.2.1 管理结构:建立注重实效专项联合管理组织

绿色创新基金由经济产业省(METI)主管、新能源产业技术综合开发机构(NEDO)组织实施,并依托经济产业省成立基金管理决策总体组,设立绿电普及、能源转型、产业结构三个领域小组^[8]。根据职责定位和分工,可分为总体组、领域小组、主管部门、项目管理机构。其中,总体组设在经济产业省产业结构理事会,负责基金最终决策;领域小组由9名具有技术、管理、运营、新业务、金融等方面知识的综合性专家组成,负责具体产业领域研发计划审查、考

核;METI为基金项目主管部门,负责基金方针制定、研发计划编制、资金管理、项目策划等;NEDO为基金项目实施主体,负责研发经费使用、项目推进等^[5],由此形成“策划—决策—协同—实施”的管理结构。如图2所示。

2.2.2 基金运营:构建覆盖全流程的持续监测机制

绿色创新基金主要从“确定方针—项目制定—项目实施—项目评估—项目终止”五大环节推进,各环节由相应机构或组织实施监测评估,以确保基金决策的科学化、实证化。具体为:总体组审议确定由METI提交的基金基本方针,METI据此制定资金拨付方案;领域小组审议研发计划具体目标、内容,并约每半年研讨新项目;NEDO组织开展项目招标、审查、采用以及经费拨付等;领域小组定期开展项目进展监测评估,总体组监督指导提出具体建议;由领域小组提出、总体组决议、NEDO执行,对项目整体或部分实施终止,领域小组组织项目事后评价,NEDO开展为期六年的跟踪调查。如图3所示。

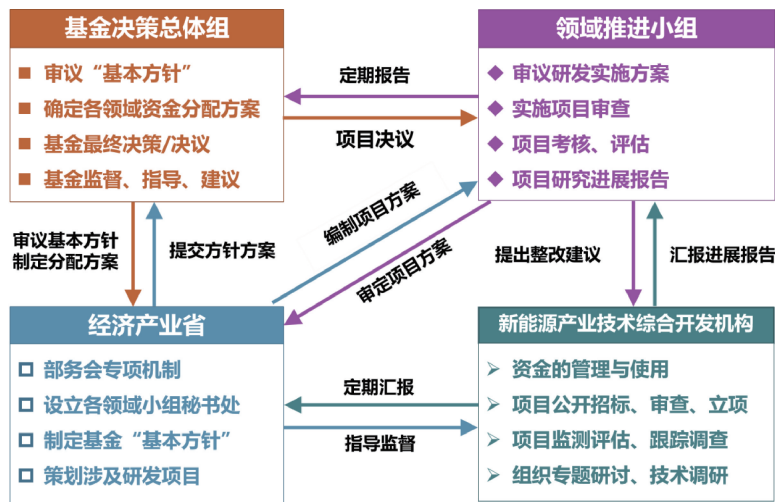


图2 日本绿色创新基金管理机制架构^①

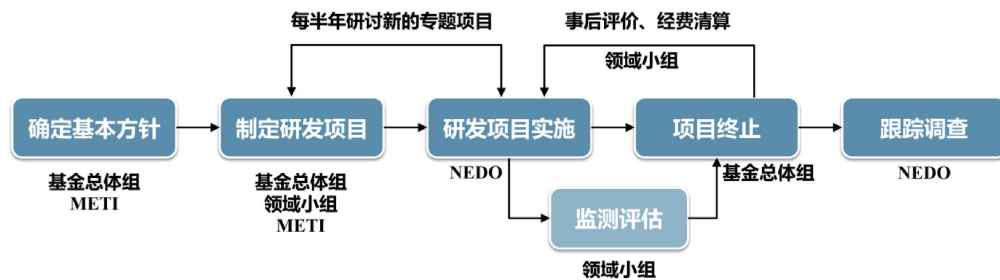


图3 日本绿色创新基金管理流程^②

① 経済産業省. グリーンイノベーション基金事業の基本方針(概要). <https://www.meti.go.jp/press/2020/03/20210312003/20210312003-2.pdf>

② 根据绿色创新基金项目部署整理。

2.2.3 基金立项：强化立项流程的情报调研和专家审查论证

绿色创新基金项目的实施基于客观科技情报调研，广泛征求并响应多方意见，组织综合性专家委员会开展审查论证。

(1) 情报调研。METI 组织相关情报机构，开展产业技术发展现状、技术脱碳潜力、本国技术成熟度以及国际战略部署等方面调查研究。

(2) 征求意见。NEDO 向企业、科研机构及社会等公开征求意见，进一步研究完善计划目标、研究内容等。

(3) 公开招标。NEDO 正式发布项目申报指南、流程、规范，以及基金资助主题、经费预算、预期目标、实施年限等。

(4) 项目审查。由外部专家和 NEDO 资助审查委员会对项目申报书的技术、业务及运营保障等指标进行评估。

(5) 项目采用。经外部专家论证和 NEDO 内部审查，确定项目资助对象及具体资金拨付方案。

2.2.4 基金保障：创新性引入承诺保障与激励机制

为提高研发项目的实施绩效，绿色创新基金创新性引入事前审查、事中监测、事后评估的全流程承诺保障机制。

(1) 事前审查。绿色创新基金要求企业等承担方将项目作为一项长期课题，鼓励其制定具有雄心的研发目标。因此，申报机构不仅要制定研究开发内容，还要提出明确的长期碳中和战略愿景目标，以及明确的资源投入、专门机构等保障机制。

(2) 事中监测。项目实施期间，定期由 METI 项目负责部门利用其他政策手段，从运营层确认实施企业的碳中和愿景承诺，同时 NEDO 从技术层、业务层支持项目承担主体的研发工作。承担机构定期提交研究进展材料，由领域小组进行评估考核，视情况提出相应整改或中止意见。需要说明的是，为鼓励研发创新，宽容挑战重大科技难题出现的失败，不以成果未达成为理由要求返还经费。

(3) 事后评估。项目实施完成后，领域小组将组织项目的事后评价，根据社会应用计划所列指标进展情况，确定经费清算、激励奖金等，并将持续跟踪企业等在 2050 年碳中和目标的推进情况^[9]。从提高项目研发和应用目标承诺的角度出发，原则上对目标 2030 年实现程度的考核与国家经费承担比

例挂钩，同时采取绩效奖金等成果激励措施。此外，对于科研不端行为提出详细的处罚措施，包括追缴经费、限制 NEDO 项目申报、纳入政府公共资金项目黑名单等。

2.3 围绕碳排放和产业结构，布局关键核心技术体系

绿色创新基金从排放结构、产业结构、技术成熟度，构建了以低碳化、数字化、电气化为核心的关键技术体系。

2.3.1 排放维度：重点推动碳密集部门减排、难脱碳领域低碳替代

从碳排放链来看，绿色创新基金主要资助能源、工业、交通三大主要排放部门。其中，能源部门获 6 个主题、超过 6 000 亿日元经费资助，主要包括清洁燃料供应、可再生能源利用；工业部门获 5 个主题、超过 5 400 亿日元资助，包括钢铁、塑料、混凝土等高载能行业，以及数字基础设施制造业；交通部门获 5 个主题、约 3 600 亿日元资助，除汽车产业，还包括排放量相对较低、但脱碳难度较大的航空、船舶领域。可以看出，绿色创新基金资助重点推动高排放、高耗能部门的脱碳减排，同时加强碳的高价值回收利用、新兴产业的绿色发展及难脱碳产业的低碳技术突破。

2.3.2 产业维度：重点打造具有竞争力的清洁产业和新建设施

在绿色增长战略确定的 3 大产业类型中，绿色创新基金主要涉及能源和交通制造 2 大类产业，民生相关产业暂未公布具体资助。如图 4 所示。

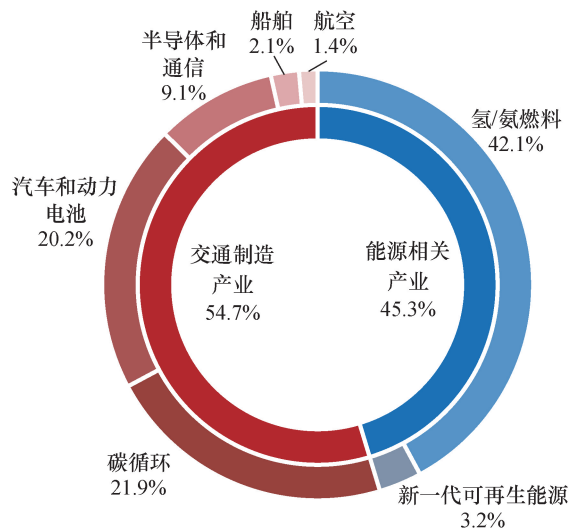


图 4 日本绿色创新基金不同产业的资助经费分布^①

① 根据绿色创新基金项目部署整理。

从项目资助的具体产业领域来看,绿色创新基金重点推动氢/氨燃料、碳循环、汽车智能化电气化、碳中和新基建四大产业技术创新。具体如下:

第一,将国际领先的氢/氨燃料产业链作为未来经济增长的战略重点,这也体现出日本实施氢能国策的战略导向。其中,氢能产业资助金额达5775亿日元,占基金规模的28.9%,且贯穿于电力、交通、工业等各行业。

第二,碳循环被视为实现碳中和减排目标的关键技术,充分体现出绿色增长战略的“循环经济”思路。该领域重点部署脱碳和商业价值均较高的CO₂制燃料、高价值化学品等CO₂高效转化利用技术,同时资助碳源捕集回收以及CO₂制建筑材料开发,完善碳源全周期循环利用体系。

第三,加快汽车产业电气化、智能化转型,致力破解气候约束、资源掣肘以及保持核心竞争力的难题。该领域重点部署下一代高性能动力电池及智能交通能源管理系统相关技术,加快混合动力、纯电动、氢能源等多种新能源车发展以及数字技术应用,同时还资助电机系统及节能自动驾驶技术,旨在降低全产业链碳排放,继续保持汽车工业的全球竞争力。

第四,实施碳中和“新基建”行动,加强新一代能源与信息基础设施创新。该领域旨在构建面向碳中

和的新兴基础设施体系,包括新一代可再生能源、半导体和通信、船舶、航空4个产业,重点推进海上风电的低成本、规模化扩张,高性能太阳能电池基础研究,半导体和通信产业的绿色创新,氢动力航空、船舶技术。

2.3.3 技术维度:重点布局绿氢/氨、清洁能源、碳循环、数字化关键技术

绿色创新基金主要资助原型技术的验证与应用开发,通过持续资助降低技术成本、提升技术性能,并快速推动商业化应用与推广。在立项的82项课题中,超过半数项目技术成熟度(TRL)^①处于4~5阶段,即实验条件下的小型原型验证或者大规模原型中的场景应用与验证阶段,经费占比超过80%。

基于对技术成熟度和技术创新链的理解,绿色创新基金从能源供应、能源储运、场景应用及资源回收等技术应用上下游环节,重点布局绿氢/氨、清洁能源、碳循环、数字信息等4大关键技术链条,形成以低碳化、电气化、数字化为核心的技术创新体系。如图5所示。

其中,能源供应主要资助能源和电力供应技术,能源储运重点资助储氢、电池等储能技术,场景应用涵盖工业、交通、信息等领域,资源回收重点布局废弃物利用、碳捕集回收等循环技术。

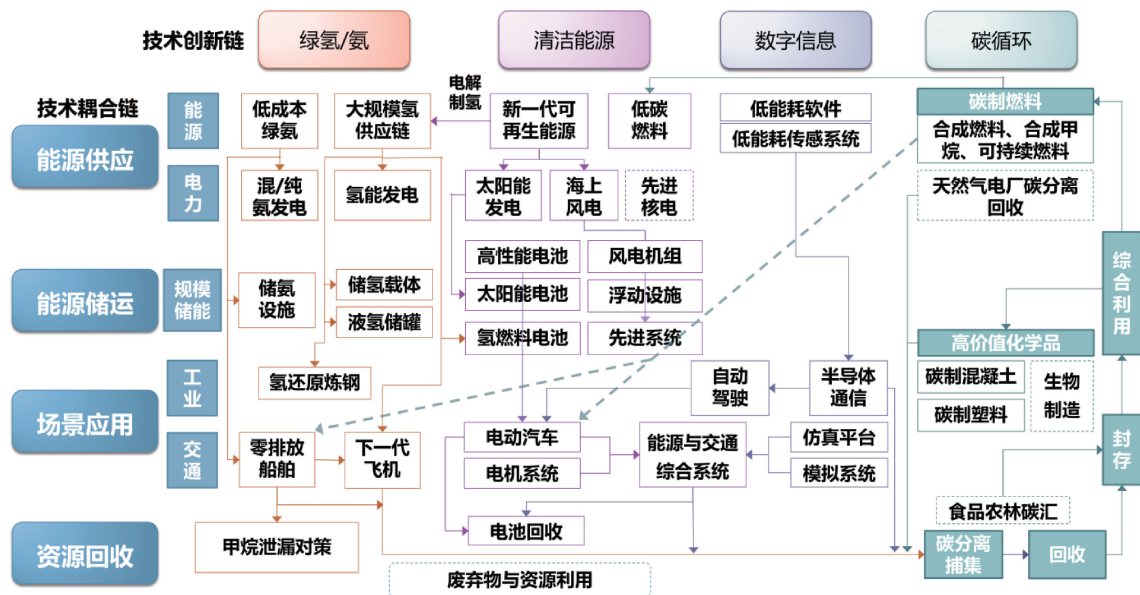


图5 日本绿色创新基金资助项目技术路线示意图^②

注:图中虚线框代表绿色创新基金资助项目尚未正式公布。

① 日本绿色创新基金参考国际能源署技术成熟度(TRL)评估标准,共分为1~11级,包括概念阶段(1~3)、小型原型阶段(4)、大型原型阶段(5~6)、示范阶段(7~8)、早期应用阶段(9~10)、成熟阶段(11)等6个层次。

② 根据绿色创新基金项目部署整理。

在技术链条上,绿氢/氨重点部署了“生产—存储—工业和交通场景应用”技术链,包括低成本绿氢/氨制备、发电、储运,及零碳动力船舶、飞机和氢冶炼等技术;清洁能源重点部署了“低碳能源/电力—规模储能—电动汽车—综合能源系统”技术链,包括:低碳燃料、可再生能源发电、先进电池、电动汽车及多能融合等技术;碳循环重点部署了“碳捕集—利用—回收—封存”技术链,包括农林碳汇、碳回收及固碳建筑材料、碳循环制化学品等技术;数字信息重点部署了“基础设施—智能网联—智慧交通”技术链,包括数字信息、智能网联、智慧交通模拟系统等技术。

2.4 激活企业自主创新动力,打造绿色革命尖兵先锋

日本绿色创新基金资助对象主要为科技领军企业,将其作为突破关键技术、促进绿色增长的排头兵。

在资助分布上,科技领军企业主导实施大部分资助项目。在正式立项的 82 项课题中,仅 7 项牵头单位来自科研机构 and 高校,其他 75 项均由企业牵头实施,数量占比超过 90%,经费占比约为 98%。其中,科研机构 and 高校大多承担技术评估、平台类项目,仅国立产业技术综合研究所承担 1 项基础研究类项目——下一代太阳能电池基础技术。同时,科技领军企业参与大部分资助项目推进。在 82 项课题中,参与单位数量达 182 家,科技领军企业占比超过 90%,其中高校、科研机构均只有 9 家。

在项目管理上,绿色创新基金从技术层、业务层、运营层,审查碳中和长期目标、技术目标、专门组织、资金投入等申报内容,以保障技术在 2030 年期限内实现大规模应用。其中,技术层主要审查技术方法独特性、新颖性、优势和可行性等,及企业技术竞争力。业务层主要审查商业模式的创新性和合理性,及规模化应用的大致时间表。运营层主要审查必要的研发投入和应用保障机制。

2.5 推动技术成果产业应用,促进关键技术场景实现

2.5.1 项目管理:社会实施应用成为审查考核的重要依据

绿色创新基金高度重视技术创新成果的产业化应用与社会推广,并作为项目管理的重要内容^[10]。一方面项目指南将技术成果应用作为审查重点内

容,申报书要求制定详细应用计划,并纳入项目评估管理标准。另一方面在项目执行期最后一年内,各项目需制定详细的社会应用实施计划,包括产业销售额、投资额、知识产权利用以及业务发展战略愿景。政府和 NEDO 将积极向风险投资企业推荐项目研发成果,授予知识产权等相关许可,争取早日实现商业化应用。

2.5.2 项目类型:基金资助集中于技术开发及示范应用阶段

参照国际能源署(IEA)、国际可再生能源机构(IRENA)等关于能源与气候的技术创新特征^[11],以及日本项目部署实际情况,将资助项目分为基础研究、技术开发、技术示范、平台开发、设备研发、技术评估六种类型。

在资助类型上,绿色创新基金集中在技术开发、示范类项目,旨在 2030 年期限内实现技术突破及产业化应用。技术开发类项目超过半数,技术示范类项目接近 1/4,这些项目大多已开展前期研究,并积累一定的技术基础;而涉及基础研究类项目仅 7 项,主要为下一代太阳能、浮动式发电及绿氢/氨等前沿技术;此外,平台类项目主要为汽车产业软件研发,评估类项目主要为技术性能评价,设备类项目主要为储氢设施。如图 6 所示。

在资助强度上,技术示范类项目平均资助金额最高超过 300 亿日元/项,基础研究类、技术开发类分别约为 240 亿日元/项、180 亿日元/项。由此看出,绿色创新基金重视技术示范阶段的资金投入,以加快产业关键技术的规模化应用,这与绿色增长战略的“创造全新经济增长机遇”初衷相符;同时,也注

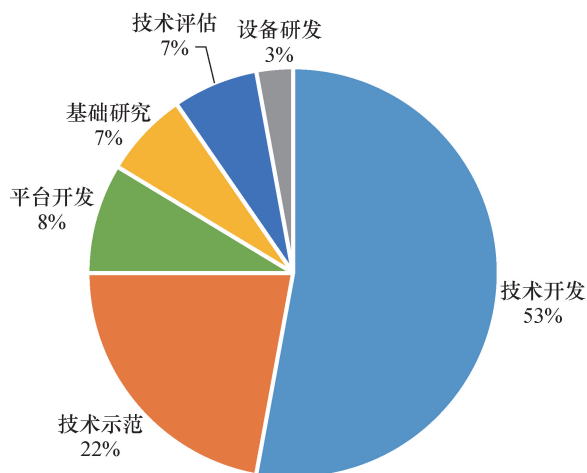


图 6 日本绿色创新基金资助类型分布^①

① 根据绿色创新基金项目部署整理。

重加大基础研究的投入强度,体现出基金鼓励原始创新的原则。

3 日本绿色创新基金研发体系对我国的启示

当前,我国“双碳”行动取得良好开局,科技创新进入实质性落实阶段,但现有绿色低碳创新技术能力仍较弱,可持续发展压力明显。对比发达国家,我国正处于工业化、城镇化进程的快速推进期,能源刚性需求持续较快增长,且存在人均资源水平较低、能源依赖进口、产业结构偏重等与日本类似的问题,能源供需矛盾长期存在;我国“双碳”时间窗口陡峭,碳排放总量大、强度高,清洁能源技术缺口巨大,以煤为主的能源结构长期存在,新能源规模替代作用不强;跨系统、跨领域的技术集成能力较弱,相对割裂的能源体系和高能耗、高排放、高污染的增长模式,普遍忽视能源系统要素、产业链环节之间碳排放存在的耦合关系,且循环回收利用技术部署相对滞后;企业创新主体积极性不高,产学研合作水平较低,存在科技和产业“两张皮”现象。结合我国发展实际,我国碳中和技术总体成熟度不高,脱碳、零碳、负排放等关键技术大多处于示范或原型开发阶段;技术短板明显,能源产业缺乏关键核心技术,部分核心装备、关键工艺、核心关键材料仍受制于人;技术储备偏紧,快速深度减排的关键技术超前研究和应用部署不足。

因此,日本产业结构、经济模式、生态治理、气候战略等发展轨迹,特别是发挥举国优势力量推进国家碳中和研发攻关的创新模式,对我国推进“双碳”科技创新体系具有一定参考价值。

4 完善我国“双碳”研发创新体系对策建议

科技是推动实现“双碳”目标的核心动力。在绿色创新基金研发体系实践中,日本构建起以碳中和长期目标为引领、管理体制创新为支撑、产业技术创新链为核心、科技领军企业为主体、社会化实施应用为旨的模式。对于我国而言,实现碳达峰碳中和目标时间紧、任务重、压力大,构建具有中国特色的“双碳”科技计划研发体系,需发挥新型举国体制优势,以中国式科技现代化推动生态文明建设。为此,在日本绿色创新基金研发体系相关经验基础上,结合我国国情,提出相关建议。

4.1 探索管理体制改革创新,建立灵活高效“双碳”计划管理体系

针对当前科技计划管理存在的薄弱环节和突出问题,以“双碳”研发计划部署为契机,积极开展管理机制改革专项试点。一是探索设立国家层面统揽的“双碳”科技创新部际协调与决策机制,依托科技部、发改委、财政部、中科院等科技计划部际联席会议,成立科技部牵头的“双碳”科技计划总体组,以及面向能源电力、工业、交通、建筑等领域的专项组,开展“双碳”重大科技战略、重大科技计划的制定、实施和评估等集中决策论证。二是探索开放协作的科研组织模式试点,鼓励重点科研机构、高效、科技领军企业等创新主体联合承担国家重大科技攻关,推动“双碳”产学研用创新生态体系建设。三是建立健全国家碳中和科技专家委员会的支撑体系,既集聚一批具有国际影响力的高层次人才,还要吸纳一批来自产业界的企业家队伍,提升在计划项目评审、成效评估等方面的决策质量。四是完善科技计划评估与激励管理机制,加强事前审查、事中监测、事后评估、追踪评价的全过程监督,建立科研诚信“红黑名单”。五是探索“双碳”研发项目承诺与激励机制,最大限度优化科技创新生态环境,营造鼓励创新、宽容失败的氛围,激发原始创新成果不断涌现。

4.2 编制并定期更新“双碳”技术创新路线图,构建关键技术链条和优先发展路径

梳理我国“双碳”关键技术水平和瓶颈、碳排放现状、减排难点和需求,评估技术成熟度、预期效益以及对碳中和目标的贡献作用,形成变革前沿、战略必争、产业共性“双碳”关键技术清单和优先发展次序。从技术生命周期角度,制定不同技术的“基础研究—技术开发—技术示范—早期商用—大规模推广”阶段预期目标。从产业结构和碳排放结构角度,制定不同技术在能源电力、工业制造、交通物流、建筑民生、农林生态等部门的场景应用路线图。基于短期国家急需和长远国际趋势研判,分门别类有序推进不同领域技术突破到综合示范的全链条布局,加快煤炭清洁高效利用、储能、多能融合等优势技术链的转化应用,超前布局太阳能、氢能、聚变核能等颠覆性技术的前瞻研究,推动高端设备、先进材料、关键零部件、软件平台、控制系统等卡脖子技术攻坚,同时依托“并跑/跟跑”产业打造一批战略技术储备链。

4.3 发挥国家战略科技力量建制化优势,鼓励科技领军企业承担国家攻坚任务

“双碳”科技创新既要聚焦关键技术的研发攻关,也要加强技术突破到综合示范的全局性部署。一是充分利用国家战略科技力量多学科建制化优势,通过重大项目牵引,推动煤炭清洁高效利用、下一代可再生能源、绿色氢/氨、先进储能、先进核能、碳循环利用、工业流程再造等领域体系化协同攻关,加快抢占碳中和科技革命和产业变革的制高点。二是发挥国家战略科技力量原始创新策源地作用,从实际需求提出重大科技问题清单,面向经济主战场谋划布局一批“双碳”基础研究与技术攻关联合体,推动研究落地解决实际问题。三是激发科技领军企业在技术示范应用上的积极性,在项目指南设计相应的技术应用指标,鼓励科技领军企业主动承担或参与课题,支持由技术试验开发阶段迈向综合示范联合攻关,并覆盖产业创新生态关键环节。四是在研发项目部署上适度向制定碳中和长远目标的科技领军企业倾斜,引导企业积极履行时代责任的使命担当,鼓励科技领军企业建立服务国家需求的常态化、体系化机制。

4.4 完善科技计划的成果应用体系,推动“双碳”技术多元化场景应用实现

引导构建链条完整、制度健全、分工协作、运行高效的科技成果转化体系。一是构建“双碳”产学研深度融合的创新机制,把技术市场潜力、商业模式创新作为项目指南和实施评估的重要一环,要求承担方制定清晰的技术早期商用和规模应用计划,并设立专门的资金保障机制。二是通过“揭榜挂帅”“赛马制”等形式,推动营造覆盖基础研究、技术开发、产业示范全流程的创新生态,形成系统性、整体性“双碳”技术集成和产业示范解决方案。三是建立碳达峰碳中和科技创新和成果转化中央财政专项资金,积极引导地方和社会资本投入,推动“双碳”关键技术研发和示范工程落地。四是多维度拓展双碳技术应用场景,推进成熟技术全产业链体化集成,选取典型区域或行业以点带面推动多能融合示范工程,建设要素互联、供需互动、灵活调变、节能降碳、平战结合的新型能源体系。

4.5 优化科技计划的决策支撑体系,加强计划项目预研调查和监测评估

引导建立围绕科学问题、学科建设、产业创新、社会变革等内容的战略决策支撑网络,发挥中国科

学院、中国工程院等国家高端智库在“双碳”科技计划管理与实施上的决策咨询作用。包括:组织开展科技计划的前瞻情报调研和战略研究,引导战略情报研究成体系嵌入到各类各层级“双碳”重大攻关计划中,加强战略情报与科技专家、管理专家等的智慧融合;开展项目研究进程的监测评价,组织相关领域科学家、管理专家等,根据对技术研究进展、竞争水平等的论证分析,定期提出研发布局建议;开展项目效益的长期追踪评估,对结项后技术应用推广效益进行定期监测,并提出技术大规模应用的相关建议。

参 考 文 献

- [1] International Energy Agency. Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector. (2021-05-18)/[2022-06-09]. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-12/IEA%2C%20Net%20Zero%20by%202050.pdf>.
- [2] 経済産業省. 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略. (2021-06-18)/[2022-08-26]. <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>.
- [3] 新エネルギー・産業技術総合開発機構. グリーンイノベーション基金事業. (2021-12-20)/[2022-08-26]. <https://www.nedo.go.jp/activities/green-innovation.html>.
- [4] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. 「グリーンイノベーション基金事業に資する調査」に係る公募について(予告). (2022-05-06)/[2022-08-30]. https://www.nedo.go.jp/koubo/NA1_100157.html.
- [5] 経済産業省. グリーンイノベーション基金事業の基本方針. (2021-03-12)/[2022-08-26]. <https://www.nedo.go.jp/content/100949333.pdf>.
- [6] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. 2021年度実施方針. (2021-04-14)/[2022-08-26]. <https://www.nedo.go.jp/content/100941422.pdf>.
- [7] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. 2022年度実施方針. (2022-03-02)/[2022-08-26]. <https://www.nedo.go.jp/content/100944638.pdf>.
- [8] 経済産業省. グリーンイノベーションプロジェクト部会. (2022-03-18)/[2022-08-30]. https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/index.html.
- [9] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. 追跡調査・評価の概要. (2021-07-21)/[2022-08-30]. <https://www.nedo.go.jp/content/100940751.pdf>.
- [10] 経済産業省. グリーンイノベーション基金. (2021-06-14)/[2022-08-29]. https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/gifund/index.html.
- [11] International Energy Agency. Tracking Clean Energy Progress. (2022-06-01)/[2022-11-08]. <https://www.iea.org/topics/tracking-clean-energy-progress>.

The Study on R&D of *Green Innovation Fund* of Japan and its Enlightenment to China

Lanchun Li^{1,2} Wei Chen^{1,2,3*} Fang Yue^{1,2} Yun Tang^{1,2}

1. *Wuhan Documentation and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China*

2. *Hubei Key Laboratory of Big Data in Science and Technology, Wuhan 430071, China*

3. *School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China*

Abstract Under the framework of carbon neutrality, Japan has specially set up policy tools based on the “Green Innovation Fund” research and development funding system to ensure a dominant position in the international technology market. This paper systematically deconstructs the management structure and key layout of Japan’s carbon-neutral R&D funding system from the aspects of the fund’s overall deployment, management mechanism, technology chain, funding objects, and application system. Combined with the actual development of our country, perfect the system of the “double carbon” science and technology plan is put forward relevant Suggestions: 1) reforming the management system to establish an efficient science and technology management system, 2) compiling a technology innovation map to propose priority technology paths, 3) strengthen the leading role of national strategic scientific and technological forces, supporting technology companies to promote large-scale promotion application technology, 4) accelerating the “double carbon” technology application scenarios, 5) optimizing the decision support system of science and technology plans.

Keywords carbon neutral; green growth strategy; green innovation fund; science and technology plan; Japan

(责任编辑 姜钧译)

* Corresponding Author, Email: chenw@whlib.ac.cn