

全球环境研究基金（GERF/S-3）

日英联合研究项目“可持续发展的低碳社会（LCS）发展前景”

日本低碳社会（LCS）情景
—2050年CO₂排放量缩减70%的可行性研究（基于
1990年水平）

2007年2月

[2050年日本低碳社会] 项目小组

国家环境研究所 · 京都大学 · 立命馆大学

东京工业大学 · 瑞穗信息研究所

主要结论

到 2050 年日本技术上有潜力将 CO₂ 排放量缩减 70%（相比 1990

项目综述:

1. 该项研究是对到 2050 年在日本达到 CO₂ 排放量缩减 70%（相比 1990 年水平）可能性的评估
2. 该项目得到了全球环境研究基金支持，它的资金来源于日本环境局，有 60 多位专家参与，他们具有环境、能源、经济、工业、交通运输、城市工程师、国际律师和政府背景，来自于研究机构、大学院校和私人公司。

社会经济的必备条件:

3. 为了达到 LCS，应依靠以下社会经济条件：
 - ◇ 一定要保持经济增长和社会的生命力。
 - ◇ 满足在预期社会经济情况下的能源服务需求。
 - ◇ 考虑像电动交通工具和氢气交通工具的新技术，不能考虑像核聚变这样不确定的技术。
 - ◇ 与国家现有的长期政府计划保持一致，例如核能这样的计划。
 - ◇ 因为本项目的研究目的是为了确定日本碳排放减少的潜力，所以针对技术革新的政策选项不在本研究的范围内。

70%碳排放的潜力、成本和区域

4. 为了满足以上提到的必要条件，可以通过减少 40-45% 的能源需求和引进低碳能源供应来达到 CO₂ 排放量缩减 70% 的目标。
5. 为了满足到 2050 年 CO₂ 排放量减少 70% 的目标，年均直接消费将会在 6.7 到 9.8 万亿日元，这将占到 2050 年预计 GDP 的 1% 左右。
6. 能源需求方面减少排放量可以将萎缩的人口和促进合理利用能源、节约能源和改善能源效率，同时使 GDP 按 1-2% 增长迈向 2050 年。
7. 到 2050 年，基于不同的情景，不同部门能源需求的减少不同，各部门的能源需求减少率如下，
 - ◇ 工业领域：20-40% 的削减量是通过结构调整和引进节能技术来实现。
 - ◇ 客运领域：80% 的削减量产生于合理的土地利用和能源效率以及碳强度的改进。
 - ◇ 货运领域：60-70% 的削减量来源于更好的后勤管理以及交通工具能源效率的改进。
 - ◇ 家庭领域：50% 的削减量来源于改建和高隔热房屋的推广，以及家庭节能用具的引进。
 - ◇ 商业领域：40% 的削减率来源于对高隔热建筑的革新和重建以及节能办公设备的引进。
 - ◇ 能源供应方也将通过选择合适的能效改进方式与低碳能源（包括碳捕捉和存储）相结合的方式来达到低碳强度。

低碳社会的实现：

为了实现 LCS 的目标，同时满足大量能源服务业的需求，在早期就应实施在工业领域结构调整和对基础设施投资的促进活动。而且，需要对节能技术和低碳能源技术加快发展、加大投资以及推广应用。在早期阶段，为了实现 LCS 的共同目标，政府应该起领导作用，加强社会和技术改革的全面实施，普及减排的潜力，推进基于长远利益的政府投资和引导鼓励私人投资。

1、 应用于低碳社会（LCS）情景的方法：辅助方法

研究分析了在日本实现 LCS 的可能性，到 2050 年，作为主要温室加速器的 CO₂，将它的排放量缩减 70%（基于 1990 年水平），在本世纪第一阶段，需要在社会广泛范围内进行经济技术活动，来为实现 LCS 的预期社会经济转变做准备。

如果这样的经济社会转变是可行的，在研究中可以应用这种辅助方法检测实现 LCS 的政策。方法的关键方面如图 1 所示。在这个过程中应高度重视以下这些重要步骤：

- 1) 在明确的范围内（如，情景 A：积极的、快速的和技术的引导，情景 B：稳定、快速和自然的引导）想象到 2050 年日本经济社会结构的发展方向，和通过专家的自由讨论来描述这两种社会质量的特点。
- 2) 衡量人民和家庭的活动（人们怎样消费他们的时间，他们需要什么样的服务），为每种情景设计城市、交通（人们居住的城市和房屋属于什么类型，人们采用什么样的交通）和工业结构（通过多方位全面计算的平衡模式估计结构转变），为每个情景估计能源服务需求（例如，冷（卡路里）、热水供应量，原油开采量[吨]，运输需求[吨/千米，人/千米]），
- 3) 计算能源服务需求，使它在各种情景中满足预计经济社会活动的同时也满足 CO₂ 减排的目标；基于考虑可利用的能源供应量（如图 1 中（5）所示）、成本效率和政策可行性，应探索将能源需求、终端能源技术（空调、暖气、锅炉、加工和混合车等等）、能源供应类型和能源供应技术适当的结合；坚定能源需求类型和提供的技术（包括分享和最终两种）
- 4) 衡量能源需求的首要性和次要性以及最终的 CO₂ 排放量

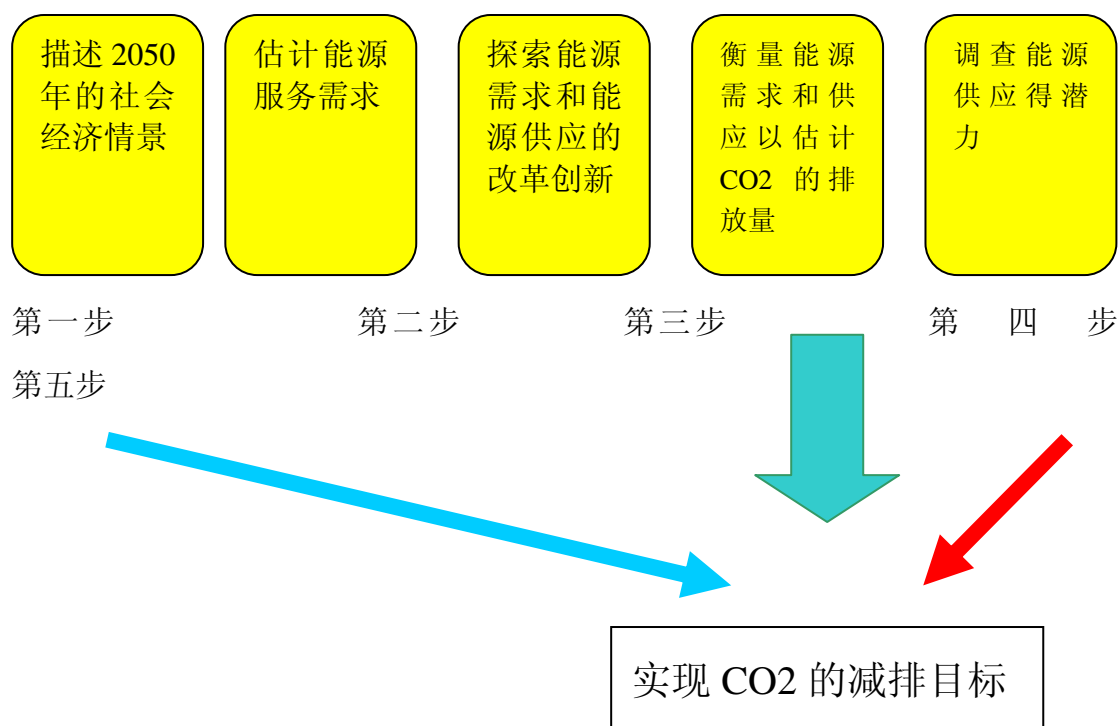


图 1 实现 LCS 的情景方法

2、2050 年日本的景象

假定将来经济社会的景象和工业结构的转变。

日本将来不同的景象：

日本将来可能的景象和他们实现 LCS 的途径已经被各个领域的专家讨论过了，有 A 和 B 两种情景，他们各产生了一种结果（表 1，2）[如图 1 中的（1）所示]。A 情景可以描述为一种积极、快速转变和技术引导型社会，而 B 情景是一种稳定、慢速和自然引导型社会。这两种情景下的显示和各种假设的社会改变，它们都在现有日本将来社会模式的研究范围之内。然而，实际上，日本将来社会可能是这两种情景的混合。

在 A 和 B 两种情景中，假定它们总 GDP 各自的年均增长率为 2% 和 1%。服务需求方的改变会直接关系到能源消费，这种改变是在每种情景下假设具有代表性的人们生活方式的改变而设定的，在服务业中应该考虑逐渐适度的改进。但像在家庭和办公室（空调全天开放）超负荷能源需求，和由于不适当城市规划导致在交通需求量加大这样混乱的城镇结构不能假设在情景之中。

表 1 叙述土地应用和城市结构的情景

关键字	A 情景	B 情景
移民： 所有区域人口 增加	由于方便、高效的生活方式和更多人对城市生活的偏爱，人口和资金将会更加集	由于低收入水平的生活不能应对上涨的生活需求，人口和资金会分散
中在城市区域		
大城市区域：		
市内	在城市内加强土地应用可以使人们居住的地方距离工作地点更近，人们生活更加方便，因此居住在城市的人口会加大。	人们会接受离开城市中心，居住在生活环境与他们生活方式相符的地方，首都和其它核心城市大小和人口仍然保持着中等规模。
郊区	通过对郊区进行有效利用和规划，移民可能会考虑郊区，因为大部分这样的区域都是经济恢复的重点，它们有娱乐设施和生态区。	人口和资金的流出会继续。所以重建的目的是发展相互独立城市区域，而不是发展超大城市的郊区
当地区域：		
市内	当地一部份城市废弃了它核心城市的功能，然而，一些城市为了土地的高度集中经营（例如大量的农场或者是发电厂），他们得到了重新的发展。	因为在一些区域能提供充分的健康服务或者教育体制，人口的减少会受到限制。因他们有原始文化和独特特征成为具有吸引力的当地城市。 市民和 NGOs 在这个决

定性发展的过程中起着重要的作用。

农业、多山的区域

许多农业区或者多山的区域居住人口会越来越少，这个重建的目的是有效的利用土地和资源。农业、林业和渔业会由大的私有公司操作，使人力、物力和财力得到有效利用，一些地区将被指定作为自然生态公园。

由于农业、林业和渔业不断增加的吸引力，越来越多的人从城市移民到农村生活。

更多的代农的人喜欢在农村食用安全食物和享受健康的生活方式，而不去追求小办公室和家庭办公室的商业模式

未来的家庭数量和人口数量：

根据方法论和在公开研究中做的假设，“日本人口推测：2001-2050，2002年2月，国家人口和社会研究院”，参数的变化包括出生率、死亡率和人口中家庭率设置（见表2），为每一种情节估计的家庭数量和人口数量。这样的模拟结果表明在情景A和B下，人口会从2000年的1.27亿人口分别大幅度减少到9500万人口和1亿万人口，这是由于持续的老龄化和生产率降低趋势没有改变造成的。两种情形中，家庭的数量也总是在下降；然而家庭的减少率远低于人口的减少率，这是由于家庭数量的减少是单亲家庭和老年家庭比例的上升。总之，预计到2050年，在A和B情景下家庭数量将从2000年的4700万减少分别减少到4300万和4200万。

表2 叙述经济和工业的情景

关键词	情景 A	情景 B
-----	------	------

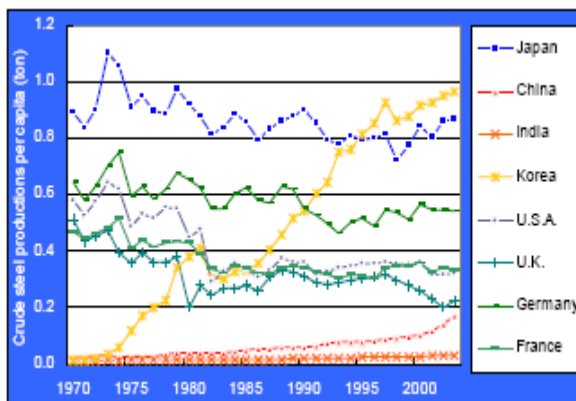
经济：

年均增长率	大约为人均GDP增长率的2%	大约为人均GDP增长率的1%
技术发展率	高	中高

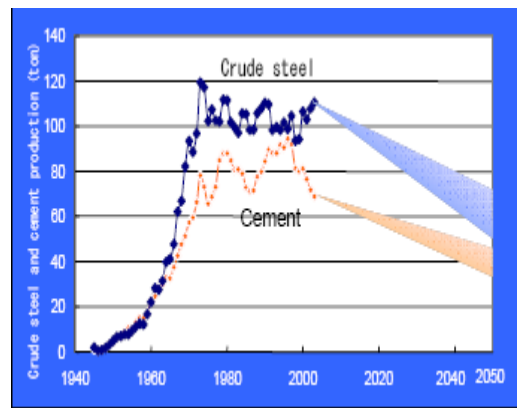
工业：

市场	减少规章	用适度的规章制度配合市场则
主要工业	份额减少	相对降低减少的速度
	增加进口	减少进口
次要工业	趋于增加附加值	份额减少
	全球化生产基地	本地多样化产品的有限商品
服务业：	份额增加	份额增加
	生产力提高	社会化活动增多

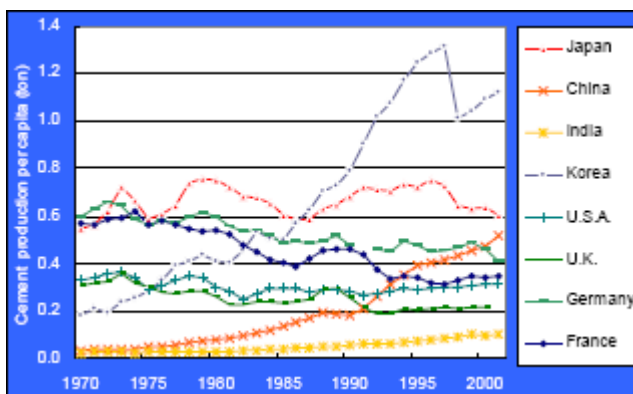
各国人均原钢产量



假设日本将来原钢和水泥的未来发展趋势



各国人均水泥产量



产业结构的估计：

根据在《新产业的创新策略》（2004 年，经济贸易产业省）中对 2025 年产业结构的估计来推测 2050 年的产业结构。目前在日本，人均钢铁和水泥的国内产量，大约是西方工业国家的 2 倍（见图 2），而他们的生产需要大量能源。公共基础建设工程增加了巨大的对建设原材料的需求，例如钢铁和水泥。然而，一旦公共基础建设达到饱和，到 2050 年，对建设原材料的需求就会下降。同样地，亚洲国家对日本公司产品的需求也会增加。因此，到 2050 年，生铁和水泥的产量将分别达到 6000 万-7000 万吨和 500 万吨。他们的人均产量预计将会减少至与西方工业国家相同的水平。

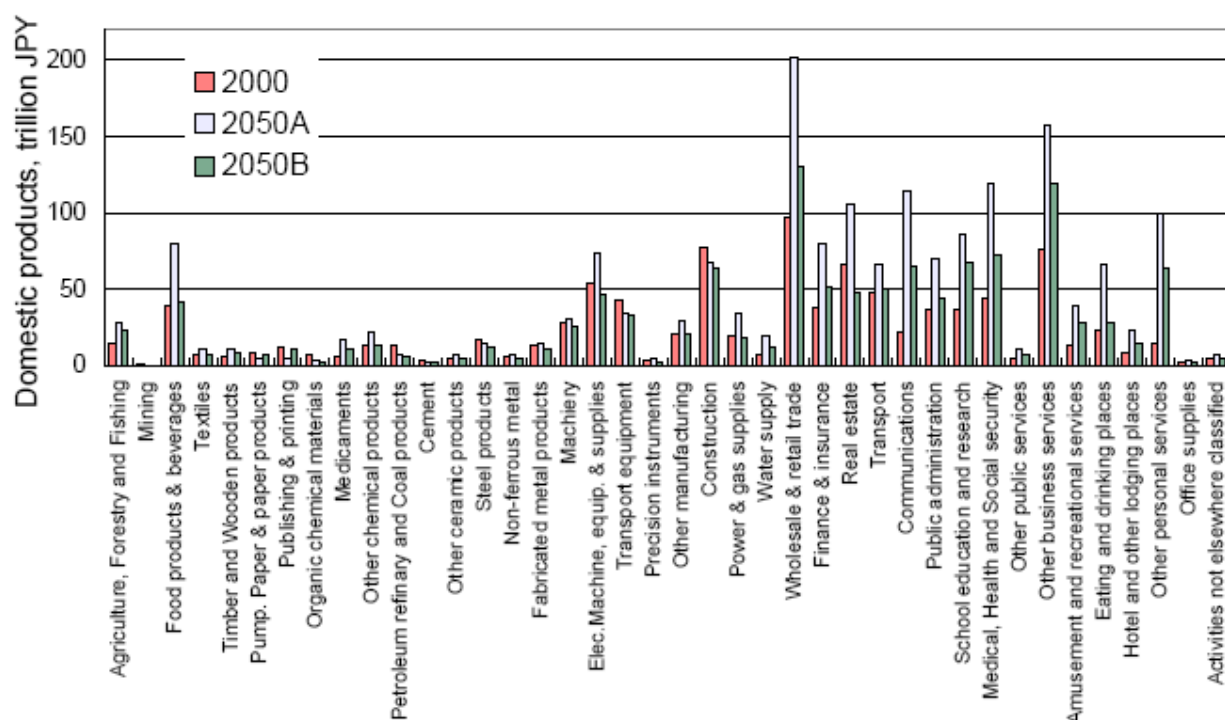


图 3 2050 年国内工业部门出口量

针对实现低碳目标，在 57 个部门使用可计算的通用平衡模型来推测 2050 年的产业结构。根据图 2 和表 2 中对原材料产量的估计，来推算各种宏观经济指标和生产。这是基于人口统计和 2050 年生产力总储存量的有力结合。能源需求是根据 2050 年社会主要的影响参数来评估：效率改变（由于引进实现低碳目标和退化物质的技术来提高能源利用效率）和能源供应形式；由人口的组成和社会结构变化造成的需求量变化；回收库存影响原材料扩展；前面提到的原材料产品

变化（如图 2 所示）；公共投资转向基础设施的建设；生产基地的变更造成产业结构的变化。单考虑 2050 年社会状况，不论生产线怎么变化，随着时间的推移，它们都会在 2050 年以前被替代（如图 1 中的第二步所示）。图 3 显示了 40 个行业的结果。情景 A 和情景 B 都显示了服务业的进步，电器、设备和供应品、运输设备业的增加以及大耗能行业的减少。这与先前预计的结果相同（21 世纪日本的景象（2005，内阁办公室））。活跃型社会（情景 A）展示了在商业服务、电动机械和运输机械产业的卓越进步。针对这个预计，在以下部门仅是对实现 LCS 措施的直接影响进行估算。直接影响是指由措施直接产生，而不是通过分析得来的影响。

3. 针对 LCS 的选项

达到 CO₂ 缩减 70% 的目标可以通过采用经济合理原则使最终能源消费缩减 40-45%，以及在满足和提高当前服务需求水平的同时对能源供应进行适当选择。

在 LCS 下对能源需求方的技术选择：

根据对 2050 年预测的产业机构，情景 A 和 B 选择针对 LCS 的各种技术对策，来源于环境选择数据库（EDB）[如图 2 第二步所示]，如图 3 所示。EDB 包括了超过 600 种技术选项（表 2 列出了数据中的关键项）。对将来技术改革前景的设计都是根据各种报告、研究性文章和白皮书做的，例如“2100 年能源领域以及能源技术”，它是由日本的环境、商业和产业部门完成（METI）。配制完技术对策以后，就要决定像电网、化石燃料、氢和其它这些次要的能源需求[如图 1 第三步所示]。这两步（图 1 中的第二和第三步）由专家来评断。

表 3 环境选择数据库中的关键技术对策

表中列出的是对将来部署和扩散潜力的当前预测，而且那些对达到 LCS 起重要作用的其他技术革新也在预测当中。这样的革新有助于实现类似于提高生活质量这样的目标，那也是实现 LCS。

部门	技术
居住和商业	高效空调、高效电热水器、高效的气/油热水器、太阳能热水器、高效的燃气厨具、高效的电器厨具、高效电灯、高效的显

示器、高效的电冰箱、高效冷/热运输系统、燃料电池、太阳能发电、建筑能源管理系统（BEMS）、高效绝热住宅、电子报纸/杂志等等。

运输业

高效往复运动的汽车、混合波导联结发动机汽车，生物酒精汽车，电动汽车，插件混合波导联结汽车，天然煤气汽车，燃料电池汽车，轻便式汽车，小阻力式汽车，高效铁路，高效船舶、高效飞机、智能道路交通系统（ITS），实时&安全性交通系统、供应链管理，虚拟交流系统等

工业

高效锅炉、高效工业炉、高效电动机，高效独立发电装置、高效焦炭炉、废塑料核原料废化，沼气耦合、黑液煤气化发电等

能源转换

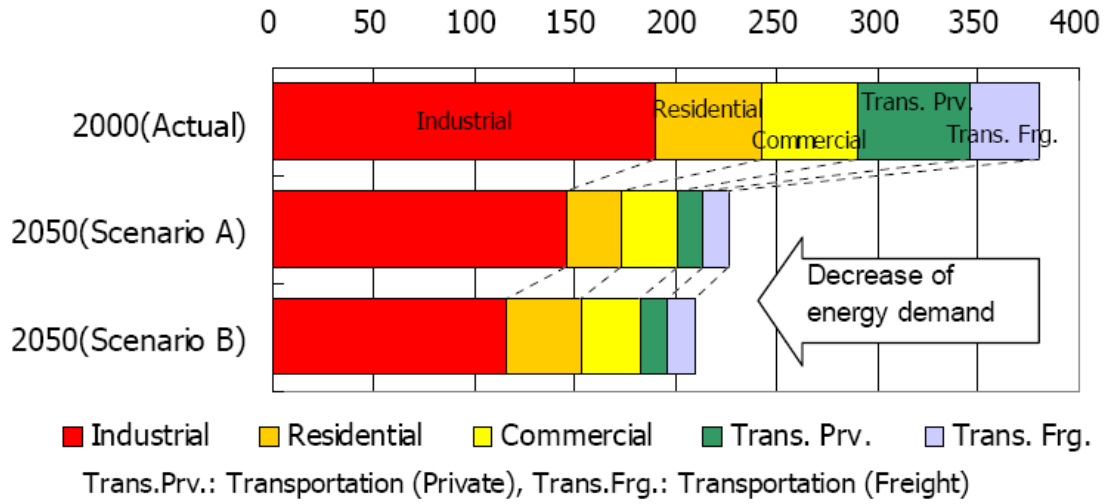
高效的燃煤火力发电（煤煤气化复合（IGCC）、A-PFBC、生

物量混烧等），高效的天然气火力发电、高效的生物量火力发电、风力发电（陆地和海上）、原子能发电、水力发电、副生氢、天然气改变质量氢制造、生物氢改变质量氢制造、电解氢制造、氢站、氢管道、氢油灌汽车、（碳隔离存积）等

能源供应的低碳选择方法：

我们已经调查了能源供应方能量源相结合的可能性，如图 4 所示，他们可以应对次要能源需求和对各种能量源的数量限制[如图 1 中第四步和第五步所示]。对能源提供方的各种标准包括经济效率、技术改革的不确定性、公众接受力和专家的评断，这些在第二章描述假定情景的内容中提到过。我们每个人预计，根据各种改革产生的经济合理增长，2050 年能源的需求将会减少到 2000 年水平的 55-60%左右。另外，为了达到 LCS，能源提供方的脱碳是必须的。能源供应方的脱碳系统有很多种类（将在第七章讨论能源供给系统的多样性）。本研究中，假设的是像核能、碳的捕获和存储、氢产品这样大规模的能源集中系统符合情景 A，像太阳能、风能和生物能这样的小规模分散式能源系统符合情景 B。

次要能源要求（Mtoe）



主要能源消耗 (Mtoe)

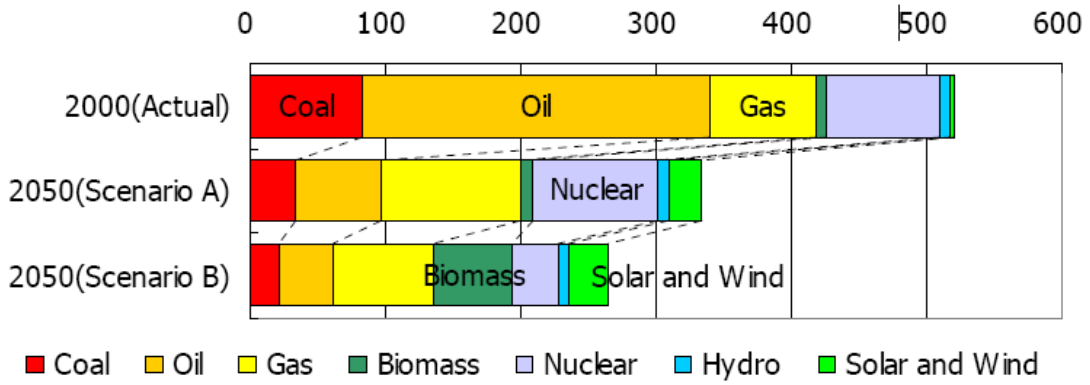
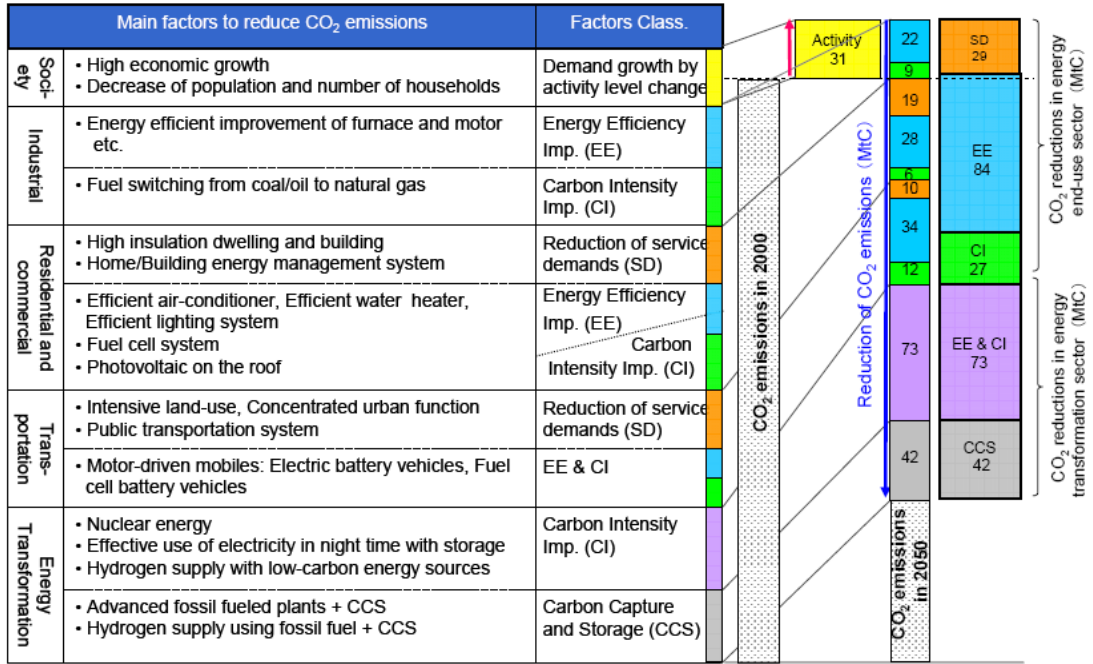


图 4 满足 CO₂ 排放量缩减 70% 的能源需求和供应



EE: Energy Efficiency Improvement, CI: Carbon Intensity Improvement, SD: Reduction of Service Demand

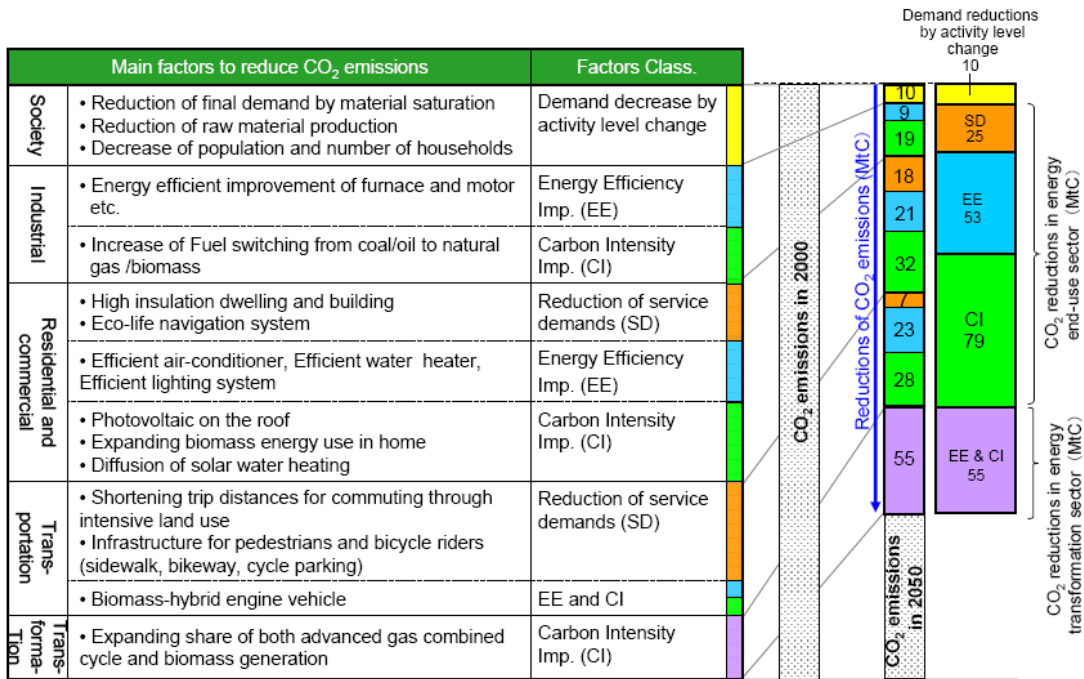


图 5 情景 A 和 B 中，针对 CO₂ 排放量缩减 70% 的对策

在情景 A 中，由于城市活动的集中化，针对住宅群向紧密城市迁移的对策有利于 CO₂ 排放量的减少。在情景 B 中采用的有效对策包括对分散住户和汽车采取行动，同时减少需求策略。在情景 A 和 B 中，他们都是共同的对策。

LCS 实现的可能：

通过研究，我们总结出在新技术加速研究、发展和推广下，到 2050 年情景 A 和 B 都可以实现 CO₂ 的排放量减少 70% 的目标（根据 2000 年水平）。情景 A 和情景 B 中，2050 年的 GDP 分别被设定为 2000 年水平的 2 倍和 1.5 倍。在保持 GDP 增长和改善服务需求的同时，期待将来的技术革新使得你能源需求比 2000 年减少 40%-45%。除此以外，能源供应的脱碳技术推动 CO₂ 排放量比 2000 年减少 70%。在每个情景中，清晰的低碳社会策略包含三个关键的因素：通过合理使用能源降低需求；高效率开发和应用能源技术；能源供应端的脱碳。

在情景 A 中的有效措施是提高能源需求端的能源效率，比如在生产、住宅、商业以及运输部门应用高效的设备，使传统能源向低碳能源转化，例如核能和氢能源。在情景 B 中，在能源需求端使用低碳能源，比如生物能源和太阳能将会极大地降低 CO₂ 的排放量。

尽管在不同的情景下，各部门的 CO₂ 排放减少量不同，但是这两种情景都使用了许多技术选项。这些技术选项包括无遗憾的投资活动，这种投资活动减少了能源消耗，是有利可图的。对这些技术的研究与开发活动会得到社会满意的结果。对于那些需要较长时间实现的技术方法，比如氢能源、核能和可再生能源体系，需要对其中某些不确定因素尽早进行良好的规划。

4. 实现低碳社会的技术代价

每年，对低碳技术的执行投入预计为 6.7 到 9.8 万亿日元。

低碳技术的未来花费取决于未来理想社会的政治经济的发展方向。为了在 2050 年实现低碳社会，需要尽可能的适当引导产业改革和运输基础设施的投资。这些投资活动没有必要作为气候改变政策而实现，因为他们将被用以提高日本的国际影响力，设计具有舒适灵活和能源安全的安全社区。在本研究中，假设那些对低碳社会发展做出贡献的投资活动将会在适当的时机开展。因此，在本研究中，那些投资活动没有被包含在实现低碳社会的成本分析中。当开展那些投资活动后，加速创新技术以实现低碳社会转变将会变成是必要的。

本项研究中每年低碳技术引进费用是为了实现到 2050 年减少 70% 排放的目

标。到 2050 年，情景 A 中，每年的低碳技术执行费用估计需要 8.9 到 9.8 万亿日元。而情景 B 中需要 6.7 到 7.4 万亿日元（如表 4 所示）。附加的花费依据现有技术花费的减少和各部门挑选的低碳技术的花费来估计（如图 6 所示）。到 2050 年，情景 A 每年的附加开销估计达到 1.0 到 1.8 万亿日元，情景 B 达到 0.7 到 1.6 万亿日元，相应的平均削减成本估计在 20,700 日元/tC 到 34,700 日元/tC 之间。

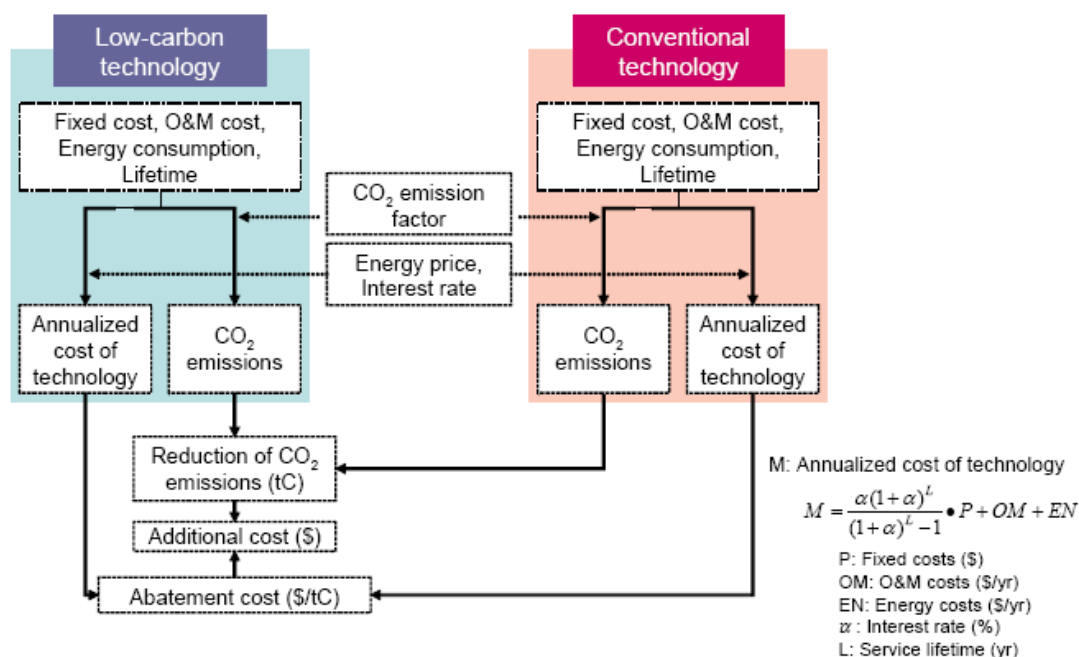


图 6 引用低碳技术的附加开销计算

传统技术（即现有的，在尚未针对低碳社会采取行动时使用的技术）与低碳技术（实现 70% 削减量的必要技术）之间的开销区别被作为附加的开销。

表 4 实现 LCS 的附加开销

	情景 A	情景 B
年均实施费用	8.9-9.8 万亿日元	6.7-7.4% 万亿日元
（2050 年 GDP 的%）	（0.83%-0.89%）	（0.96%-1.06%）
年均附加开销	1.0-1.8 万亿日元	0.7-1.6 万亿日元
平均减少开销	24,000-33,400 日元/tC	20,700-34,700 日元/tC

平均削减成本 = 附加的开销/传统技术削减的排放量。

5. 针对 2005 年的技术路线图

通过在能源节约技术方面的早期投资来实现的长期节约效果。

根据初步分析，2050 年的排放削减目标已经设定，通过动态最优模型得到了从 2000 年到 2050 年削减措施的最佳路线。最值得注意的是，这个分析基于一个包含广泛的数据库，包含切实可行的技术选项（如表 3 和图 5 所示），并把那些表现出不确定性的不切实际的技术排除在外。结果是，像在目标年一样，考虑资金周期，推进在能源节约方面的早期投资成为削减措施的最佳路径。当能源节约的投资被推迟，削减目标在最终时间前实现时，对具有更高附加成本的技术介绍成为基本，据估计经济损失将会大于早期投资时的损失。由节能技术传播引起的价格降低所造成的影响并没有被该模型考虑在内，但是如果这些影响被考虑在内，许多的早期削减措施会被实施，经济损失将会更小。另一方面，就投资数量来说，增加的开支是由引进能源节约投资引起的。考虑到现有资本投资的有效使用，在促进能源节约投资的同时，不放弃新的投资机会时极其重要的，因为用新技术补充和更新现有技术需要时间。

考虑针对低碳社会目标的全面行动，存在一个观点，即推迟实施当前的代价较高的削减措施，等待将来代价比较小的措施的出现，因为将来通过技术革新，削减代价将会更加的小。然而，由以上的分析来判断，这种观点是完全错误的。

6. 从科技和社会改变速度观点出发的可行性分析

相对于过去的改进速度，更快的加速度是必要的。

通过本分析（即排放量减少 70%）所采用的技术革新和社会结构改变，来实现的能源强度（能源消费量/GDP）和碳强度（碳排放量/能源消费量），它们的改进速度快于历史速度。尤其是，就能源强度来说，改进速度需要每年加快 2%。但在过去几年里，该速度每年增长小于 5%。考虑碳强度，如果碳捕获和存储没有被引进，则必要的改进速度将超越历史上的改进速度。在欧洲国家于 2050 年实现削减 70% 排放量目标的情景中，技术改进的速度需要与日本的估计速度处在同一水平上。不能忽视的是 GDP 增长和能源服务需求数量的减少，这是最基本的，这是由于在资源约束下它的需求会减退。如图 5 所示，在情景 B 中，尽管 GDP 增长了大约 1.5 倍，但是能源服务的需求并没有增长。其结果是 0.5%-1% 能源强度改进速度的目标可以实现。未来将开展一场猛烈的社会革新和特殊的技术

竞争（如图 7 和表 5）。

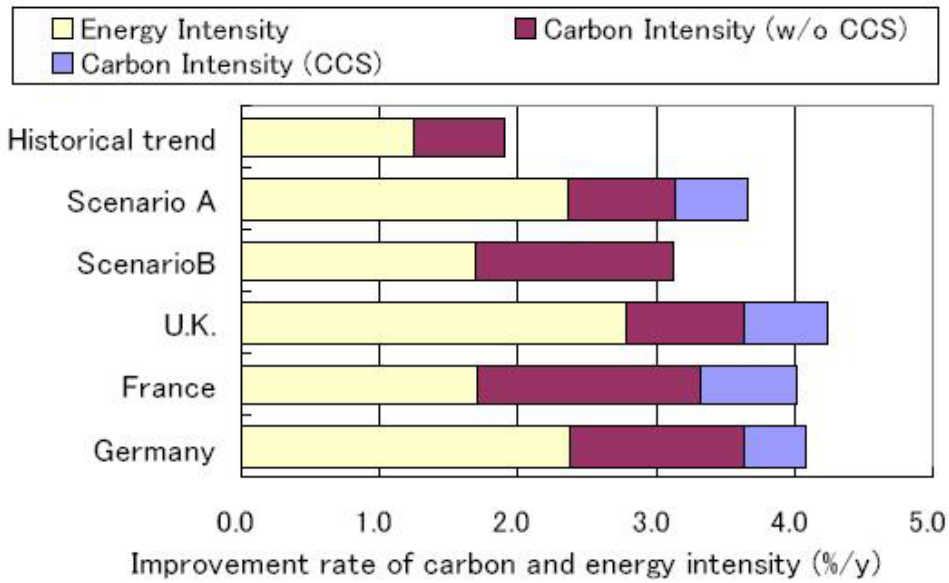


图 7 碳强度和能源强度所需要的改进速度

低碳社会将在 2050 年把 CO₂ 排放量缩减 60%-80%，为了实现它，有必要维持能源强度（以更少的能源换取较多的 GDP）和碳强度(向低碳能源转化)的改进速度，该速度之前已经实现甚至有所超越。

表 5 从 2000 年到 2050 年向低碳化社会改进的速度

	能源强度 的改善率 (%/年)	碳强度的 改善率 [CCS 率] (%/年)	假定的 GDP 增长率[人均 GDP 增长率] (%/年)	2050 年的 缩减目标 [从 2000 年开始的 缩减率]
历史改变率的范围：	世界 1.0~1.5	0.3~0.4		
2050 年日本的 LCS 情景（本次研究）	情景 A 2.4	1.3[0.5]	1.4[2.0]	70[73]
	情景 B 1.7	1.4[0]	0.5[1.0]	70[73]
（基于 1990 年）：				
欧洲国家：	英国 2.6~2.9	1.2~1.8 [0.3~0.9]	2.2~3.0 [2.1~2.8]	60[60]

(%)

德国	1.8~2.8	1.3~2.3 [0~1.4]	1.4[1.7]	80[75]
法国	1.3~2.3	1.7~2.6 [0~2.0]	1.7~[1.7]	75[70]

英国的削减目标的基年是 1997 年，德国和法国是 2000 年。

参考：

（历史）IPCC 的第三次评估报告

（英国）英国贸易和工业部门（DTI），2003；将来能源解决方法；低碳化将来的选项，DTI，经济文件 4，DTI,伦敦。

（德国）在德国的西德联邦议会，2002 年；以全球化和自由化为背景的可持续能源供应 Enquete 委员会；最终报告的概要。

（法国）在法国关于气候变化的各部门之间任务影响力，2004 年；到 2050 年法国 CO2 排放量缩减 4 倍-引入讨论-

7. 能源供应的可行性

评估能源供应的约束性和能源系统长远方向的早期决定

初级能源有许多种可能的结合方式，如情景 A 和情景 B 中考虑过的那样（如图 8 中所示的），它实现了如图 4 所示的 CO2 排放减少 70% 的目标。每种初级能源都有两种约束形式：供应侧约束和需求侧约束。供应侧约束指的是能源的可用数量的限制。需求侧约束包含消费者对能源的偏爱。例如，核能受限于地理位置条件，公众接受的水平，最新的部件的订货到交货的时间，以及需求侧的负载因素。对于生物能源，由于存在土地的竞争，也存在国内生产和进口数量方面的限制。对于可再生能源，例如风能，也存在着供应潜力的自然限制和输出不稳定的限制。基于氢的能源系统需要从零开始建造完整的系统，用于从低碳能源中生产氢能。

为了巩固未来低碳社会的能源系统，基于基本能源供应的前景、需求侧能源的类型、能源供应和应用的多样性，尽可能的确定能源系统未来的方向，这是非常重要的，该能源系统兼顾了保持能源安全和实现低碳社会的要求。

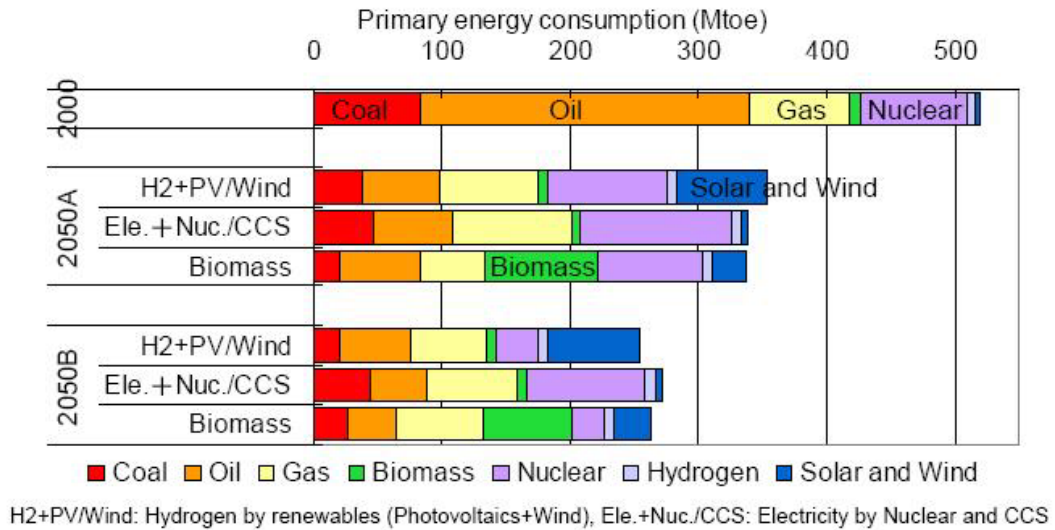


图 8 实现 CO2 排放量减少 70%各部门能源组成的例子

上面的图展示了三种极端的能源供应条件。H2+PV/Wind 表示了太阳能装置、风、氢能系统以及最大限度依靠微网格系统帮助的燃料电池。

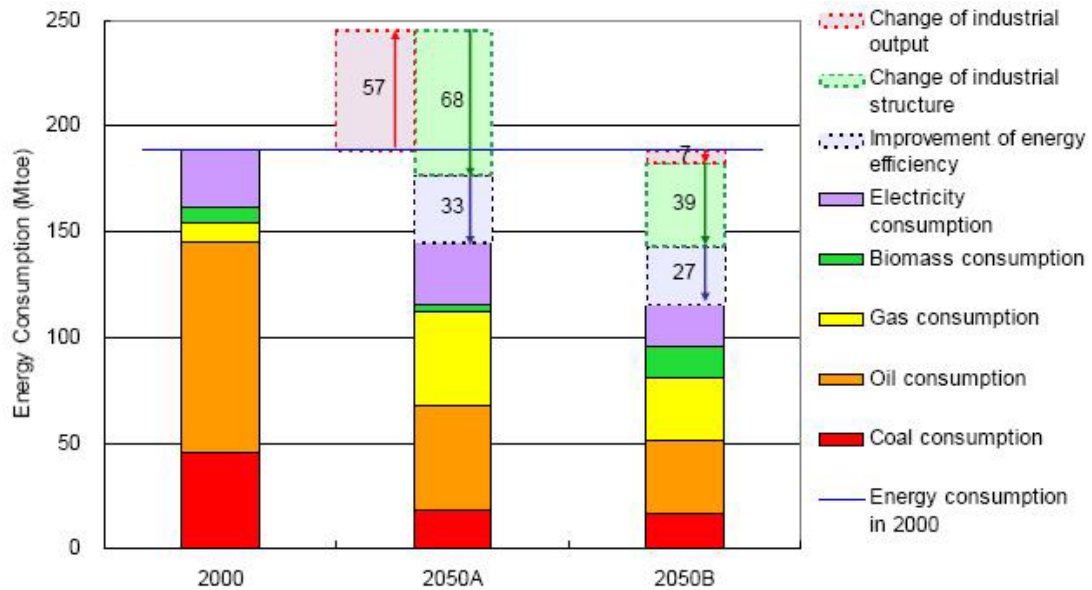
Electricity+Nuclear/CCS 促进了需求侧的电气化，扩展了核能和带有碳捕捉和存储的化石燃料设备的使用。如同电力部门一样，Biomass 推进了需求侧生物能源的使用。情景 A 和情景 B 中的能源合成在这三种情况中有所展示。

8. 削减能源需求的可行性

不同部门能源需求削减的巨大潜力

到 2050 年，通过社会技术革新和能源技术发展，以及发展合适的基础结构，转变产业结构，工业、运输、家庭和商业部门的能源需求将大约低于 2000 年水平的 40%-45%。

产业部门：通过结构转变和能效提高技术实现能源需求削减 20%-40%



工业出口的变化：主要工业和次要工业总产量的变化

工业结构的变化：主要部门和次要部门的结构变化

能源效率的提高：高效设备，例如熔炉和电动机

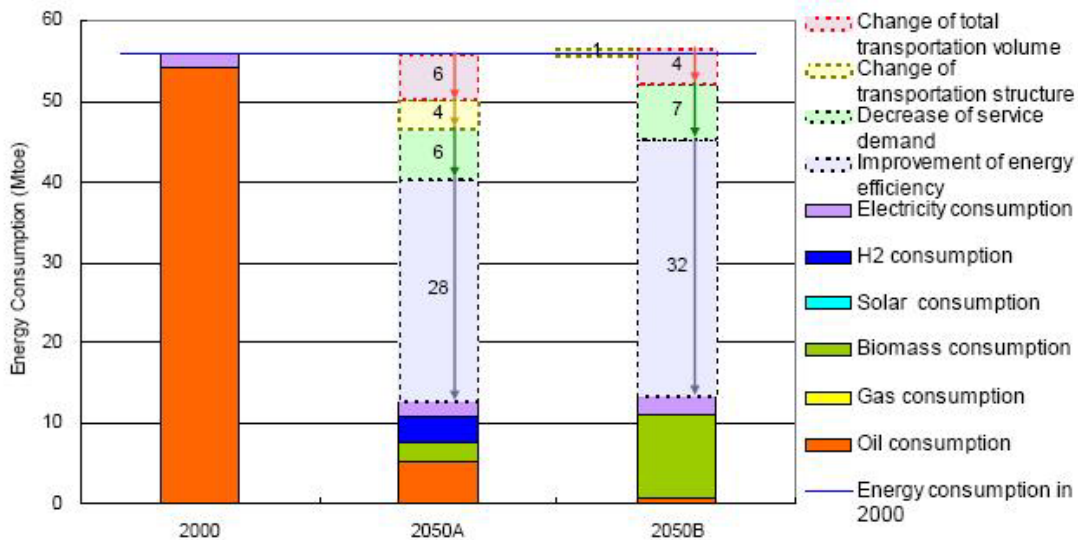
图 9 工业部门能源需求减少

产业结构将向服务业经济方向转移，电力/运输机械产业的产量提高将增强制造业部门的产业竞争力。社会基础设施将得到继续发展，存储于这些设施中的钢铁和水泥的容量将有相当大的增长。一种创新的再循环技术将会得到发展，存储于社会中的原材料为了追求高的质量将能够被反复使用。这些技术的应用将使得初级原材料的利用效率得到提高。

制造业过程中的能源需求目的可以被分为直接加热、蒸汽动力、机械动力、化学变化、精炼和其他等等。对于那些实现比如熔炉、锅炉和发动机能源需求的工艺技术，其能源效率在能效改进方面具有很大的提高潜力。

在情景 A 中，假设每年的人均 GDP 增长速度为 2%，第一产业和第二产业的产量将会增长。然而，据估计 20% 的能源节约可以通过削减能源强度高的初级原材料的产出和能源效率的提高（能源节约效果分别为 68Mtoe 和 33Mtoe）来实现。在情景 B 中，据估计通过产业转化和能效提高，超过 40% 的能源消费削减量是可能的。（如表 9 所示）

客运部门：通过合理的土地使用和能效提高技术实现能源需求 80% 的削减量



总运输量的变化：随着总人口的下降，运输需求总量也在下降。

运输结构的变化：由于人口安置的变化，运输结构向公共运输转移（例如轻轨地铁、公交车）。

服务需求的减少：随着城市结构的变化（比如紧凑城市），平均旅程距离缩短了。

能源效率的提高：交通工具能源效率得到提高（例如混合动力车，车体重量减轻）。

图 10 在乘客运输部门的能源需求减少量

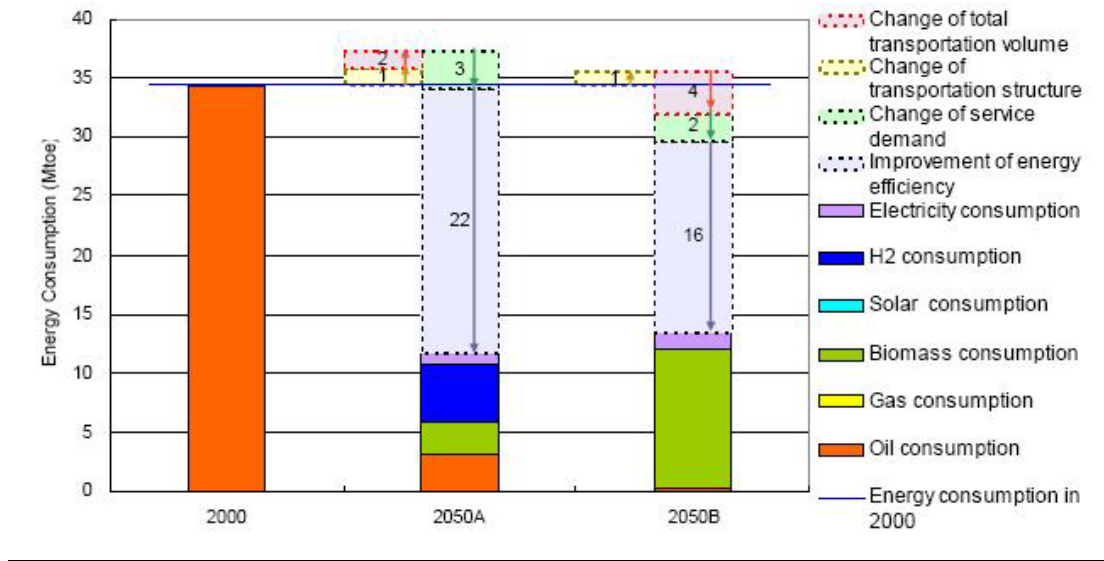
客运需求减少是由于多方面的原因，包括人口的减少，通过发展紧凑安全城市而使得平均旅程减少，为了实现专注于易受伤害的道路使用者的城市发展，而推动公共运输的发展以及其他措施。

将减少需求的措施和能效高的交通工具相结合，例如混合动力交通工具或者电动交通工具。朝着低碳方向的燃料变化会减少 80% 的客运部门的能源需求。在情景 A 中，家庭、办公室和购物中心与情景 B 中相比，更加集中的坐落于城市区域。因此，平均旅程距离更短，而且公共交通的形式共享更高。对于集中式土地使用和运输形式的转化，其节能效果分别为 6Mtoe 和 4Mtoe。除此之外，不论情景 A 或是情景 B，不断增加的城市结构密度的推进又可以减少 6-7Mtoe 的能源消费。

但是，注意到汽车运输在 2050 年仍将是客运部门最多被使用的方式。交通工具的技术革新，包括混合动力或电动交通工具的突破、汽车体重量减少、空气阻力的改进、混合动力引擎装置以及其他相似措施，将会节约 28Mtoe 的能源需求（针对情景 A）或 32Mtoe 的能源需求（针对情景 B）。

货运运输部门：通过有效的运输管理系统和高能效技术实现能源需求减少

60-70%



总运输量的变化：随着工业产量的变化，货运运输需求也产生变化。

运输结构的变化：形式变化使得运输模式发生变化。

服务需求的变化：合理的后勤系统的应用，比如供应链管理系统使得服务需求发生变化。

能源效率的提高：交通工具能源效率的提高。

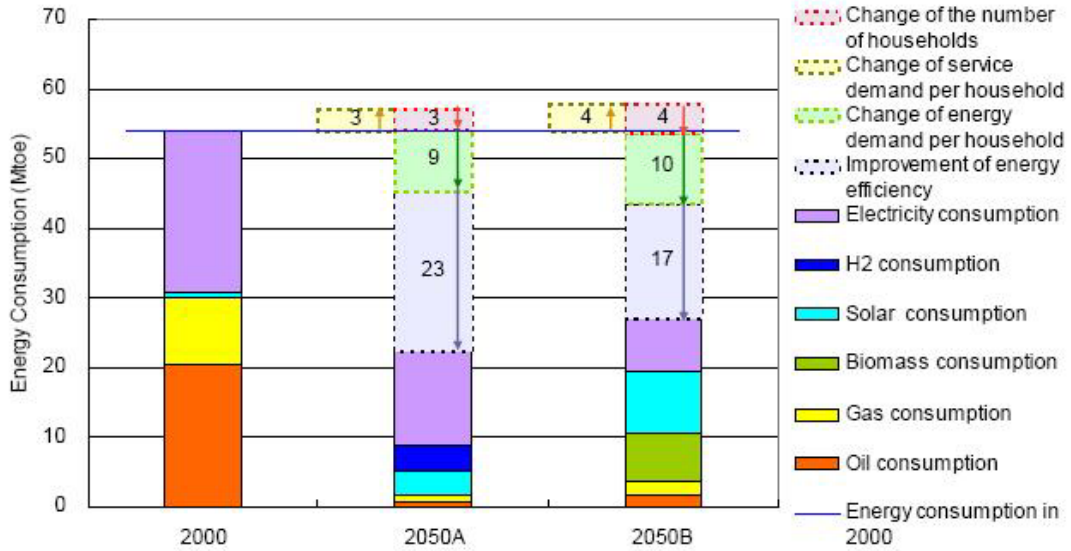
图 11 货运部门能源需求的减少

在情景 A 和情景 B 中，通过发展合理的使用信息通讯技术的后勤系统以及推动使用更高效的交通工具，分别实现节约 70% 的能源需求和 60% 的能源需求的目标是可能的。（如图 11）

供应链管理系统，包含了适当的产品流管理以及通过信息通讯技术实现最优路径选择的功能，被认为将提高负载效率，减少退货量和处理产品量。除此之外，高级的后勤网络管理将会在由卡车运输的小批量货物和由船和火车运输的大批量货物之间产生联系，方便了运输形式的改变。这些措施估计在情景 A 和情景 B 中将分别实现节约 3Mtoe 和 2Mtoe。

在货运部门，通过高效交通工具的巨大改进，在情景 A 中，混合动力或电动交通工具的突破将会节约 22Mtoe 的能源。另一方面，在情景 B 中，超过 50% 的以生物燃料为动力的交通工具将节约 16Mtoe 的能源需求。

住宅部门：引领将来建设高隔热住房的潮流，这种房屋实现了舒适的居住空间和能源节约之间的平衡，削减了 50% 的能源需求。



家庭数量的变化：从现在到 2050 年，无论是情景 A 或是情景 B，家庭的数量在下降。

每户家庭服务需求的变化：便利的生活方式增加了每户家庭的服务需求。

每户家庭能源需求的变化：高隔热住房，小浴缸和家庭能源管理系统减少了每户家庭的能源需求。

能源效率的改进：提高空气调节器、水加热器、烹饪炉、照明和备用能源的能源效率。

图 12 住宅部门能源需求量的减少

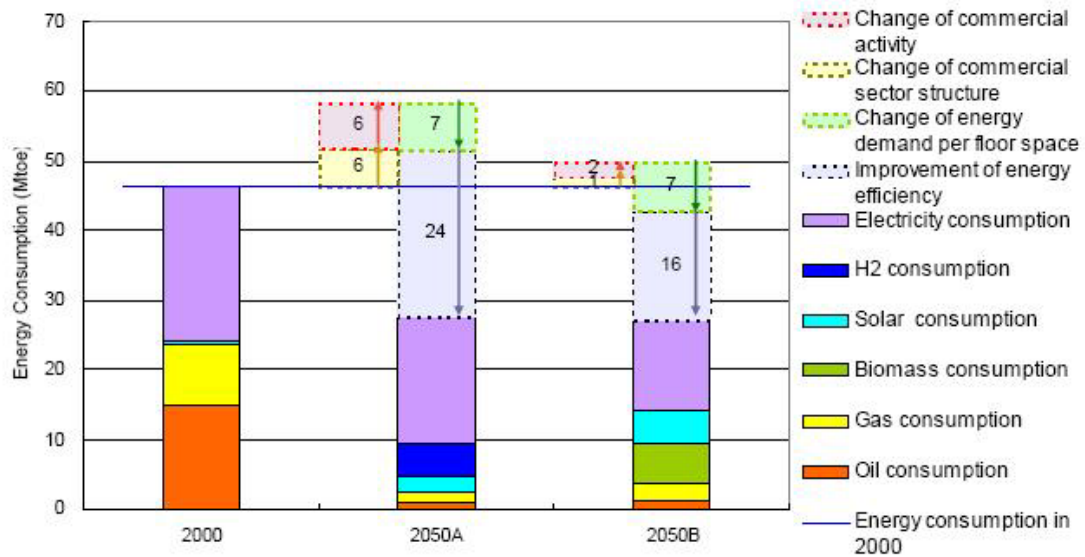
在日本，住房的平均寿命大约是 35 年，到 2050 年，许多现存的住房将被重新建设。因此，建立住房库存是可能的，它可以实现舒适的居住空间和能源节约之间的平衡。能源节约是通过建造节约能源的高隔热住房来实现的。（如图 12）家庭数量的减少抵偿了伴随服务需求增长的能源需求增长，情景 A 中，人们追求方便，在情景 B 中，人们喜欢可承受的生活方式，情景 A 的服务需求几乎与情景 B 中相同,其原因是情景 A 中的能源服务需求将会因为外出吃饭、集体住宅的增加和其他新的习惯而减少。重建高隔热的住房将削减能源消耗 10Mtoe，除此之外，技术革新比如热泵（应用于空气调节器和电热水器）、烹饪炉、照明设备和备用电源等能效的提高将比 2000 年水平减少 50% 的能源需求。

在英国“40%房屋”技术和日本“可循环利用的自足的住房指导”（2005 年，国土部，基础设施和实现技术进步的日本项目）。

在情景 A 中，由于氢和不释放 CO2 的电的使用量增加，住房部门的 CO2 排放几乎被削减为零。在情景 B 中，由于分布的可再生能源比如太阳加热、太阳能和生物能的使用量增加，使得住房部门的 CO2 排放几乎被削减为零。

服务部门：舒适的维修空间/工作环境和能效提高措施的结合削减了 40% 的能源

需求。



商业活动的变化：随着商业活动增加，地下空间增加了。

商业部门结构的变化：集中商业区域比如旅馆和餐馆的能源共享在增加。

每层空间的能源需求的变化：高隔热的建筑和那样管理系统减少了能源需求。

能源效率的提高：高效的空气调节器、热水器、耗能少的照明设备。

图 13 商业部门能源需求的减少

在服务产业中，由于经济朝着面向服务的方向发展，不论情景 A 或 B，它的产出会增加，因此地下空间的需求将会上升。然而，由于人口减少，服务业的劳动力人口没有增加。办公室中的电力设施的数量将会增加，这是为了改善工作环境，但是到 2050 年，绝缘、构建能源管理系统和设备能效的提高可以削减 40% 的能源需求。（如图 13 所示）

消耗了大量能源的宾馆、餐厅和娱乐场所的活动将会随着情景 A 中主动消费量的增加而增加。结果能源消费将会达到 12Mtoe。然而，重建高隔热的建筑和分布式的能源管理系统将会削减 7Mtoe 的能源需求。除此之外，高效的空气调节器、高效的热水器以及高效的照明设备可以削减 24Mtoe 的能源需求。

9. 实现低碳社会的动机

构建一个早期的低碳社会景象，建立全面的措施，按照长期的时间表执行措施是很重要的。

这项研究表明了，依靠实现合适的产业结构变化、维持土地使用和基础设施

以及当满足于某一层次的社会福利时引进创新型的技术,有相当的技术潜力去实现低碳社会目标。然而,为了认识低碳社会,政府应该在推进普通人对于气候变化风险的认识,调整国家一致朝向低碳社会的目标以及执行那些使得 CO₂ 排放的负面外在性内化的措施等方面展现强大的领导能力。

尤其应该重视的是早期的行动应付出有效的代价。产业转化应用和科技的发展以及科技的使用取决于做决定者(例如每个私人部门),因此,政府需要清晰地展现早期低碳社会的前景,提供社会系统激励私人部门削减碳排放。此外,政府应该立即确定持久的政策去促进对运输的投资和面型低碳社会的城市基础设施,避免将来的高度城市化的社会结构。

实现低碳社会的挑战存在于全球化的主流中,这个趋势无法扭转。真诚的面对这个问题是必须的,日本政府必须采取措施,推进针对低碳社会的创新型技术想象,提高国际竞争力。

为了实现到 2050 年达到低碳社会的目标,不遗漏各种不同的关于资本构成和技术发展方面的投资,在早期确立一个国家目标,建立消除计划,认识到将 CO₂ 排放的负面影响内化的社会等方面是很重要的。

10. 参与全球在气候变化缓解措施方面的步骤

日本应该树立一个吸引亚洲国家的低碳社会例子,如同他对其他国家的吸引那样。

这项研究不止关注与国内的措施,并且关注国际上为了实现低碳社会目标的集体行动以及一般民众的行动。我们的团队已经通过对完整股价模型的研究和应用,和一些亚洲国家各作进行研究,例如中国、印度和泰国。这个联合研究试图在亚洲发展中国家中描述切实可行的低碳社会前景,探索为实现低碳社会的国际合作的框架的方法。这些活动开始影响国家的能源政策。最近紧张的能源供应条件也加速了这个趋势。日本的农业省和英国的环境、食品和农村事务部共同在推动一个科学研究项目,“通过可支撑的发展实现低碳社会的发展前景“,该研究开始于 2006 年 2 月 16。我们的团队在这个项目中扮演中心角色。第一个工作场于 2006 年 6 月在东京成立,拥有来自 19 个国家 54 名专家,包括了发展中国家,比如中国和印度以及 6 个国际组织。第二个工作场将于 2007 年 6 月于英国伦敦成立。

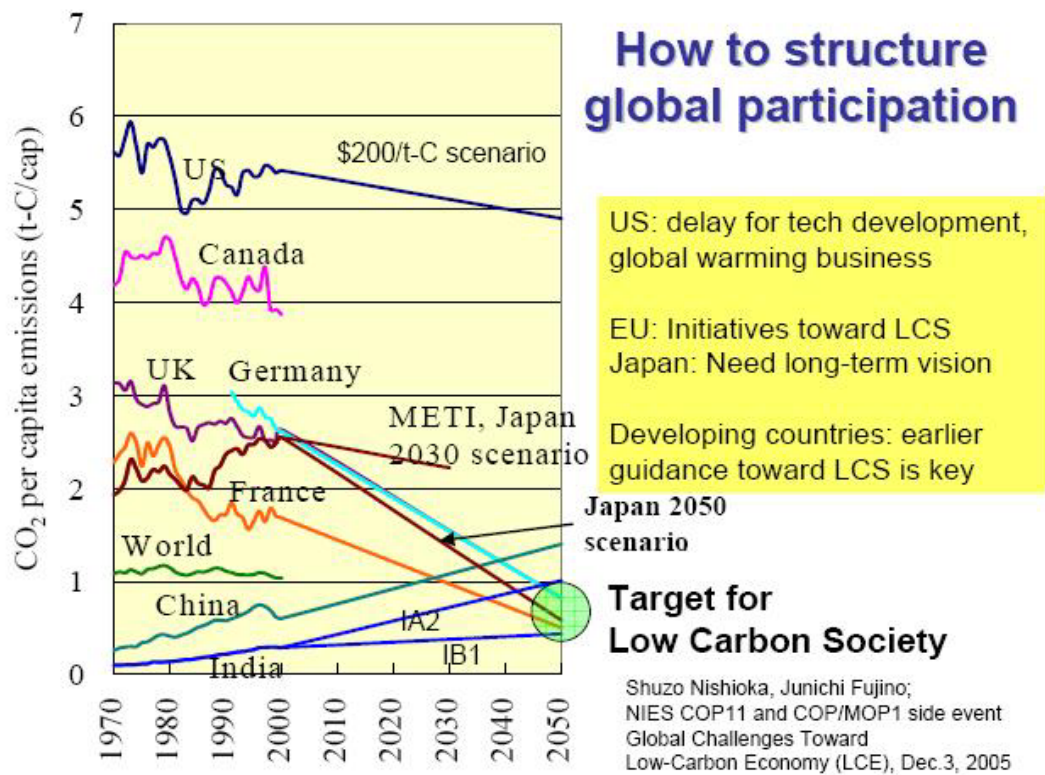


图 14 当前的 CO2 排放量和实现 LCS 的国际目标

针对低碳社会，欧洲国家和日本已经进入了行动，美国和加拿大有削减计划，比如排放交易计划。另一方面，尽管在发展中国家，比如中国和印度，人均 CO2 排放量目前低于发达国家水平，这些国家仍然在 CO2 排放的剧烈增长方面具有较大潜力。发展中国家怎样达到低碳社会的目标？它们怎样从它们的能源系统得到自由

“日本和英国联合研究项目 可持续发展的低碳社会（LCS）发展前景”

日本环境部和英国环境、食品和农村事务部联合推动一项到 2050 年实现低碳社会的研究项目

联合研究的目标是：

- 基于科学发现，确定和理解到 2050 年大幅度削减温室气体排放的必要性（在 2050 年到 2100 年全球温室气体排放量缩减 50%（基于 1990 年水平））
- 回顾国家各层级的在某些发达国家和发展中国家对温室气体排放的想定研究，例如日本、英国、澳大利亚、巴西和美国。观察可能的选项比如供应端、需求端、政策、制度、财政以及基于民族环境的生活方式。
- 确定可持续发展和气候的目标：双赢战略。调查 LCS 的共赢可能，例如应对贫困、其它环境热点（空气污染，水土应用等）和能源安全。
- 实现 LCS 的研究方法，例如描述情景和途径、定性的塑造未来社会、尽可能结合各种方法（科技的、制度上的和行为上的）、金融机制和在国家、地区以及全球上 LCS 的和谐情景。
- 明确发达国家 LCS 情景和当前现实的差距。

共享好的经验和信息；确定合作机会以及怎样在评估国家、地区和世界范围的 LCS 情景中实施最好合作。



“日本朝着 2050 年低碳化社会发展的情景”

本研究项目开始于 2004 年，他受到了 MoEJ 全球环境研究基金的支持。本项目的目的是提出到 2050 年日本实现 LCS 的对策，包括制度上的改变、技术上的发展以及生活方式的转变。50 多个专家共同研究发展情景和实现途径。

本项目支持“日本—英国联合研究项目”

国家环境研究所（NIES）

16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, 日本.

联系人：Contact person: Junichi Fujino (NIES), fuji@nies.go.jp



<http://2050.nies.go.jp/>