

目次

調査方法

1	インプット（研究開発費・研究者数）	1
1.1	研究開発費の国際比較	1
1.2	政府による研究開発費の国際比較	2
1.3	日本の分野別研究開発費	4
1.4	研究者数の国際比較	6
2	アウトプットの分析（分野別）	13
2.1	俯瞰対象の分野	15
2.1.E	環境・エネルギー	15
2.1.S	システム・情報科学技術	19
2.1.N	ナノテクノロジー・材料	22
2.1.L	ライフサイエンス・臨床医学	24
2.2	その他の分野	26
2.2.1	通信	26
2.2.2	半導体	28
2.2.3	量子	30
3	アウトプットの分析（研究開発領域別）	33
3.1	研究開発領域別の分析	33
3.1.E	環境・エネルギー	39
3.1.E1	電力のゼロエミ化・安定化	39
3.1.E1.1	火力発電	39
3.1.E1.2	原子力発電	43
3.1.E1.3	太陽光発電	51
3.1.E1.4	風力発電	55
3.1.E1.5	バイオマス発電・利用	59
3.1.E1.6	水力発電・海洋発電	63
3.1.E1.7	地熱発電・利用	71
3.1.E1.8	太陽熱発電・利用	75
3.1.E1.9	CO ₂ 回収・貯留（CCS）	79

- 3.1.E2 産業・運輸部門のゼロエミ化・炭素循環利用 83
 - 3.1.E2.1 蓄エネルギー技術 83
 - 3.1.E2.2 水素・アンモニア 87
 - 3.1.E2.3 CO₂ 利用 91
 - 3.1.E2.4 産業熱利用 95
- 3.1.E3 業務・家庭部門のゼロエミ化・低温熱利用 99
 - 3.1.E3.1 地域・建物エネルギー利用 99
- 3.1.E4 大気中 CO₂ 除去 103
 - 3.1.E4.1 ネガティブエミッション技術 103
- 3.1.E5 エネルギーシステム統合化 107
 - 3.1.E5.1 エネルギーマネジメントシステム 107
 - 3.1.E5.2 エネルギーシステム・技術評価 111
- 3.1.E6 地球システム観測・予測 115
 - 3.1.E6.1 気候変動観測 115
 - 3.1.E6.2 気候変動予測 119
 - 3.1.E6.3 水循環（水資源・水防災） 123
 - 3.1.E6.4 生態系・生物多様性の観測・評価・予測 127
- 3.1.E7 人と自然の調和 131
 - 3.1.E7.1 社会－生態システムの評価・予測 131
 - 3.1.E7.2 農林水産業における気候変動影響評価・適応 135
 - 3.1.E7.3 都市環境サステナビリティ 139
 - 3.1.E7.4 環境リスク学的感染症防御 143
- 3.1.E8 持続可能な資源利用 147
 - 3.1.E8.1 水利用・水処理 147
 - 3.1.E8.2 持続可能な大気環境 152
 - 3.1.E8.3 持続可能な土壌環境 156
 - 3.1.E8.4 リサイクル 160
 - 3.1.E8.5 ライフサイクル管理（設計・評価・運用） 164
 - 3.1.E8.6 環境分析・化学物質リスク評価 168
- 3.1.S システム・情報科学技術 172

3.1.S1	人工知能・ビッグデータ	172
3.1.S1.1	知覚・運動系の AI 技術	172
3.1.S1.2	言語・知識系の AI 技術	177
3.1.S1.3	エージェント技術	182
3.1.S1.4	AI ソフトウェア工学	186
3.1.S1.5	人・AI 協働と意思決定支援	190
3.1.S1.6	AI・データ駆動型問題解決	194
3.1.S1.7	計算脳科学	198
3.1.S1.8	認知発達ロボティクス	202
3.1.S1.9	社会における AI	206
3.1.S2	ロボティクス	210
3.1.S2.1	制御	210
3.1.S2.2	生物規範型ロボティクス	214
3.1.S2.3	マニピュレーション	218
3.1.S2.4	移動（地上）	222
3.1.S2.5	Human Robot Interaction	226
3.1.S2.6	自律分散システム	230
3.1.S2.7	産業用ロボット	234
3.1.S2.8	サービスロボット	238
3.1.S2.9	災害対応ロボット	242
3.1.S2.10	インフラ保守ロボット	246
3.1.S2.11	農林水産ロボット	250
3.1.S3	社会システム科学	254
3.1.S3.1	デジタル変革	254
3.1.S3.2	サービスサイエンス	258
3.1.S3.3	社会システムアーキテクチャー	262
3.1.S3.4	メカニズムデザイン	266
3.1.S3.5	計算社会科学	270
3.1.S4	セキュリティー・トラスト	274
3.1.S4.1	IoT システムのセキュリティー	274
3.1.S4.2	サイバーセキュリティー	278

- 3.1.S4.3 データ・コンテンツのセキュリティー 282
 - 3.1.S4.4 人・社会とセキュリティー 286
 - 3.1.S4.5 システムのデジタルトラスト 290
 - 3.1.S4.6 データ・コンテンツのデジタルトラスト 294
 - 3.1.S4.7 社会におけるトラスト 298
 - 3.1.S5 コンピューティングアーキテクチャー 302
 - 3.1.S5.1 計算方式 302
 - 3.1.S5.2 プロセッサアーキテクチャー 306
 - 3.1.S5.3 量子コンピューティング 310
 - 3.1.S5.4 データ処理基盤 314
 - 3.1.S5.5 IoT アーキテクチャー 318
 - 3.1.S5.6 デジタル社会基盤 322
 - 3.1.S6 通信・ネットワーク 326
 - 3.1.S6.1 光通信 326
 - 3.1.S6.2 無線・モバイル通信 330
 - 3.1.S6.3 量子通信 334
 - 3.1.S6.4 ネットワーク運用 338
 - 3.1.S6.5 ネットワークコンピューティング 342
 - 3.1.S6.6 将来ネットワークアーキテクチャー 346
 - 3.1.S6.7 ネットワークサービス実現技術 350
 - 3.1.S6.8 ネットワーク科学 354
 - 3.1.S7 数理科学 358
 - 3.1.S7.1 数理モデリング 358
 - 3.1.S7.2 数値解析・データ解析 362
 - 3.1.S7.3 因果推論 366
 - 3.1.S7.4 意思決定と最適化の数理 370
 - 3.1.S7.5 計算理論 374
 - 3.1.S7.6 システム設計の数理 378
 - 3.1.N ナノテクノロジー・材料 382
 - 3.1.N1 環境・エネルギー応用 382

3.1.N1.1 蓄電池	382
3.1.N1.2 分離技術	388
3.1.N1.3 次世代太陽電池	392
3.1.N1.4 電解・燃料電池	396
3.1.N2 バイオ・医療応用	401
3.1.N2.1 人工生体組織・機能性バイオ材料	401
3.1.N2.2 生体関連ナノ・分子システム	405
3.1.N2.3 バイオセンシング	409
3.1.N2.4 生体イメージング	413
3.1.N3 ICT・エレクトロニクス応用	417
3.1.N3.1 革新半導体デバイス	417
3.1.N3.2 脳型コンピューティングデバイス	421
3.1.N3.3 フォトニクス材料・デバイス・集積技術	425
3.1.N3.4 IoT センシングデバイス	429
3.1.N3.5 量子コンピューティング・通信	433
3.1.N3.6 スピントロニクス	437
3.1.N4 社会インフラ・モビリティ応用	441
3.1.N4.1 金属系構造材料	441
3.1.N4.2 複合材料	445
3.1.N4.3 ナノ力学制御技術	449
3.1.N4.4 パワー半導体材料・デバイス	453
3.1.N4.5 磁石・磁性材料	457
3.1.N5 物質と機能の設計・制御	461
3.1.N5.1 分子技術	461
3.1.N5.2 次世代元素戦略	465
3.1.N5.3 データ駆動型物質・材料開発	469
3.1.N5.4 フォノンエンジニアリング	473
3.1.N5.5 量子マテリアル	477
3.1.N5.6 有機無機ハイブリッド材料	481
3.1.N6 共通基盤科学技術	485
3.1.N6.1 微細加工・三次元集積	485

- 3.1.N6.2 ナノ・オペランド計測 490
 - 3.1.N6.3 物質・材料シミュレーション 494
- 3.1.N7 共通支援策 498
 - 3.1.N7.1 ナノテク・新奇マテリアルの ELSI/RRI/ 国際標準 498
- 3.1.L ライフサイエンス・臨床医学 502
 - 3.1.L1 健康・医療 502
 - 3.1.L1.1 低・中分子創薬 502
 - 3.1.L1.2 高分子創薬 (抗体) 506
 - 3.1.L1.3 AI 創薬 510
 - 3.1.L1.4 幹細胞治療 (再生医療) 514
 - 3.1.L1.5 遺伝子治療 (in vivo 遺伝子治療 /ex vivo 遺伝子治療) 518
 - 3.1.L1.6 ゲノム治療 522
 - 3.1.L1.7 バイオマーカー・リキッドバイオプシー 526
 - 3.1.L1.8 AI 診断・予防 530
 - 3.1.L1.9 感染症 534
 - 3.1.L1.10 がん 538
 - 3.1.L1.11 脳・神経 542
 - 3.1.L1.12 免疫・炎症 546
 - 3.1.L1.13 生体時計・睡眠 550
 - 3.1.L1.14 老化 554
 - 3.1.L1.15 臓器連関 558
 - 3.1.L2 農業・生物生産 562
 - 3.1.L2.1 微生物ものづくり 562
 - 3.1.L2.2 植物ものづくり 566
 - 3.1.L2.3 農業エンジニアリング 570
 - 3.1.L2.4 植物生殖 574
 - 3.1.L2.5 植物栄養 578
 - 3.1.L3 基礎基盤 582
 - 3.1.L3.1 遺伝子発現機構 582
 - 3.1.L3.2 細胞外微粒子・細胞外小胞 586

3.1.L3.3	マイクロバイオーーム	590
3.1.L3.4	構造解析（生体高分子・代謝産物）	594
3.1.L3.5	光学イメージング	598
3.1.L3.6	一細胞オミクス・空間オミクス	602
3.1.L3.7	ゲノム編集・エピゲノム編集	606
3.1.L3.8	オプトバイオロジー	610
3.1.L3.9	ケミカルバイオロジー	614
3.1.L3.10	タンパク質設計	618
3.2	分野毎の研究開発領域の概観	622
3.2.E	環境・エネルギー	623
3.2.S	システム・情報科学技術	629
3.2.N	ナノテクノロジー・材料	639
3.2.L	ライフサイエンス・臨床医学	643