



# 光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術

---

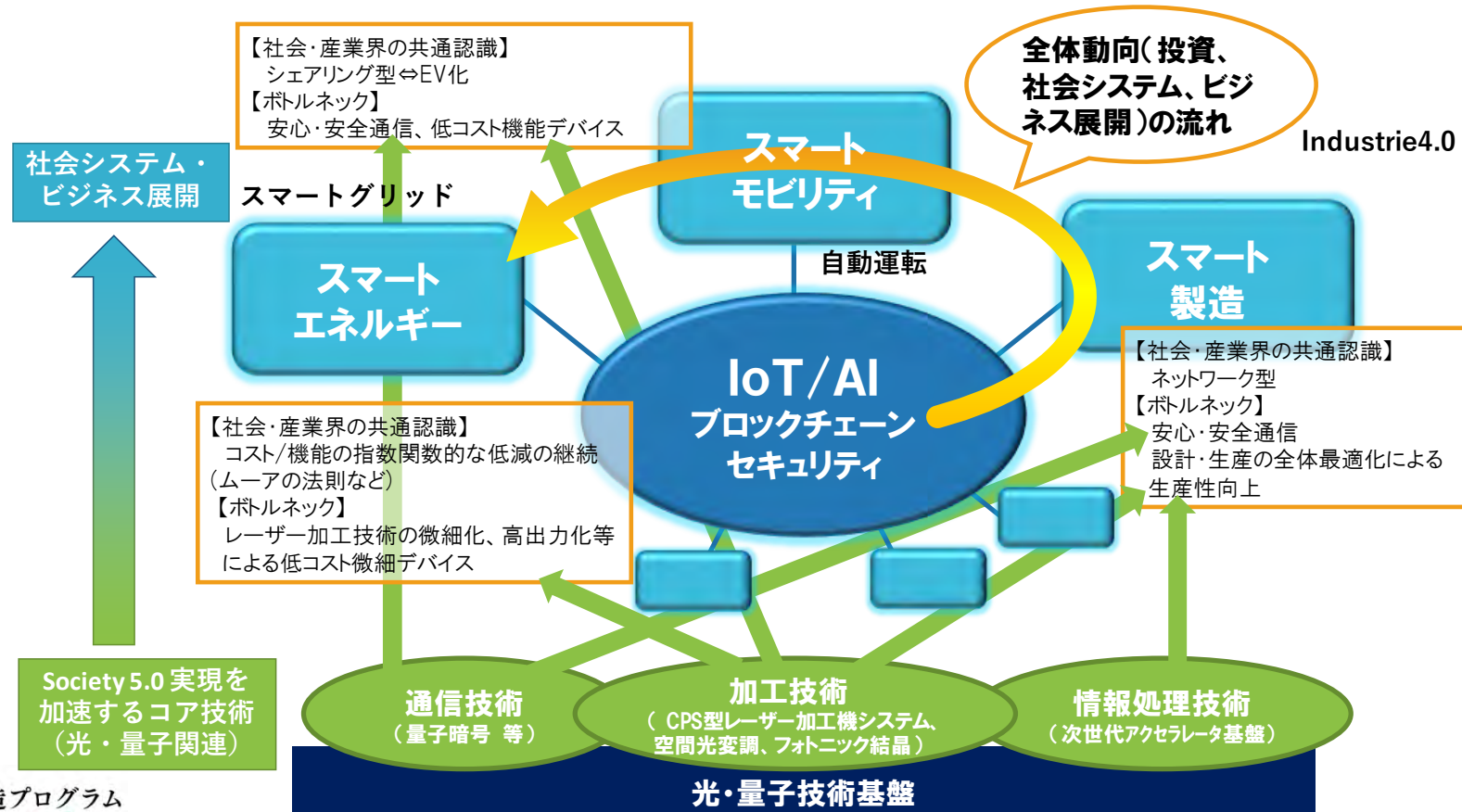
令和5年3月9日(木)

内閣府 プログラムディレクター

西田 直人

# 1. SIP開始前の状況

Society 5.0 実現には、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させるサイバーフィジカルシステム（CPS）の構築が鍵。IoT/AIからスマート製造へと投資が開始されていたが、社会・産業界共通の投資を阻むボトルネックが存在した。安心して投資できる環境を整えるため、我が国が強みを有する光・量子技術を活用した。



# 2. SIP光・量子の達成目標

- ・製造業の広い範囲でデジタルツインが準備できることを、レーザー加工を例題に実証。
  - ⇒産業のDX化や世界的な脱炭素、半導体分野等でのSociety 5.0への投資促進に貢献。
  - ⇒デバイス等の低コスト化でモビリティ、エネルギー分野等へ展開できる見通しを得る。
- ・量子通信、量子計算が産業界で実用化できる見通しを得る。

スマート製造が実現する社会

モデル化の最も困難なレーザー加工をテーマにCPSを構築し  
スマート製造の実用化でSociety 5.0の実現に貢献

経済発展と社会的課題の解決を両立し、人間中心の社会である Society 5.0 の実現には、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたCPS（サイバーフィジカルシステム）の構築が鍵になります。本プロジェクトでは、日本が強みを持つ光・量子技術を活用し、CPS構築における社会・産業界共通の投資を阻むボトルネックの解消をめざします。

具体的には、CPS化が非常に困難とされるレーザー加工システムの構築、量子セキュアクラウドシステムでデータ活用の際長期セキュリティを確保する光・量子通信技術、膨大なデータ処理に対して、高集積・高性能な量子コンピュータなどの計算資源から最適なコンピュータを提案する光電子情報処理技術の開発です。

これによりスマート製造の実用化にプレイクスルーを応用し、スマートモビリティ、スマートエネルギー、スマートヘルスケアなどの分野にもCPSが適用されれば、誰もが快適で活気にあふれる高い生活を送ることのできる新たな社会Society 5.0 の実現が加速します。

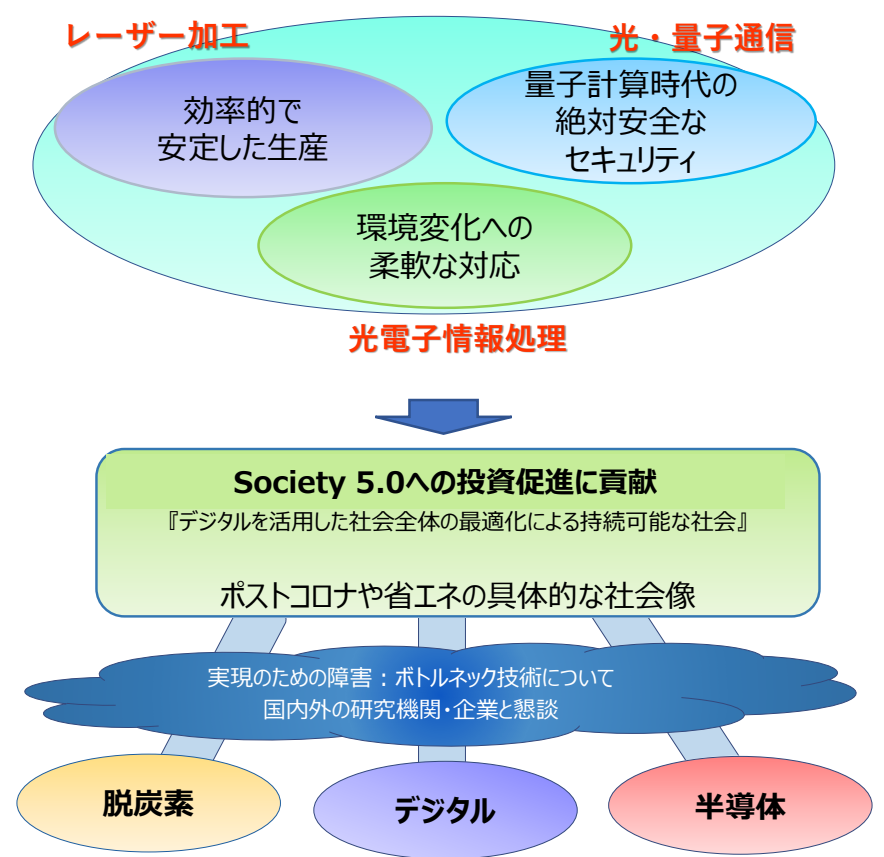
**プレイクスルー 1 レーザー加工**  
ニーズは高いが物理モデルの構築が困難なレーザー加工をCPS化することで、スマート製造を推進

**プレイクスルー 2 光・量子通信**  
量子暗号技術を取り込んだ量子セキュアクラウド技術を開発し、将来にわたって安全なデータ保管と利活用を実現

**プレイクスルー 3 光電子情報処理**  
膨大な計算資源を自動選択する次世代アクセラレータ基盤を開発し、情報処理の高速化・高効率化を実現

Society 5.0  
Smart Manufacturing  
Smart Healthcare  
Smart Energy  
Smart Mobility

SIP光・量子の目指すスマート製造





# 3. 代表的な個別研究成果

\*1...フ라운ホーファー研究機構 (ドイツ)

\*2...工業技術研究院 (台湾)

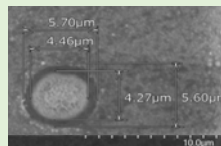
## Society 5.0実現に必要な、ボトルネックを解消する世界トップレベルの技術を開発し目標を達成。

CPSレーザー加工機システムは他国のシステムを凌駕し、その成果はFhG\*1やITRI\*2も注目、SLMの国際競争力は極めて高くレーザー加工の革新的事業領域を開拓するポテンシャルを持ち、PCSELは世界に類を見ない超高輝度超高品質レーザーで圧倒的な性能が得られている、量子暗号通信(BB84方式)は鍵ビット単価で世界に対して5-10倍の競争力を有し早期事業化、次世代アクセラレータ基盤は国際的に競合がない世界初のソフトウェアでPCSEL設計にも活用。

### 【CPS型レーザー加工機システム】

#### ABF\*1への微小穴あけに成功

CPSレーザー加工機システムで次世代半導体パッケージングの要求を満たす、層間絶縁材料への微小穴あけに成功。「穴径6μm以下」「穴のテーパ度75%」を実現\*2。



MDG\*3で最適なレーザー照射条件を導出

ABFへの微細かつ高品位穴あけ例。テーパ度75%。穴の側面が小さい。

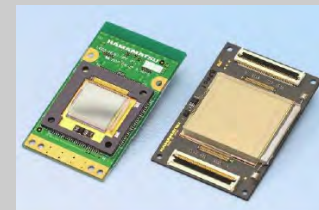
\*1...Ajinomoto Build-up Film

\*2...22/10/24プレスリリース済, \*3...マイスターデータジェネレーター

### 【空間光制御技術(SLM)】

#### 高耐光及び高耐光・大面積SLM\*1を開発

高耐光SLMを開発し製品化。また、世界最大級の液晶型大面積SLM (従来品比約4倍) を開発\*2。金属3Dプリンタ応用やレーザー熱加工の効率や精度向上に期待。



従来製品 (左) と本製品 (右)

従来: 16x12mm 大面積: 30x30mm

\*1...Spatial Light Modulator

\*2...22/4/12プレスリリース済

### 【フォトニック結晶レーザー(PCSEL)】

#### 100W~kW級単一モード動作の指針確立\*

加工分野の応用拡大に向けた指針を構築し、3mmΦデバイスで50W超の高輝度CW動作を実現。さらに、PCSELの高輝度・高機能性を活かして超小型LiDARの構築に成功。

Nature Communications誌に掲載(7/4)

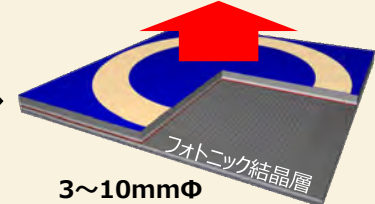


\*...22/6/27 プレスリリース済

10W級

0.5~1mmΦ

100W~1kW



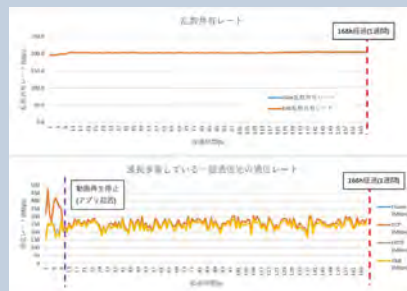
### 【量子暗号】

#### BB84型QKDの製品化を実現

QKD装置の製品化を達成し、アーリーアダプターによる検証環境の提供に貢献。

#### CV-QKDの安定稼働を実証

さらなる低コスト化が期待されるCV-QKD試作機により、一般通信光と波長多重化した通信路で1週間の連続安定稼働を確認。準製品化に向け順調に開発進行中。



安定評価試験結果(横軸: 時間)  
上段: 乱数共有レート、下段: 一般通信光の通信レート

### 【次世代アクセラレータ基盤】

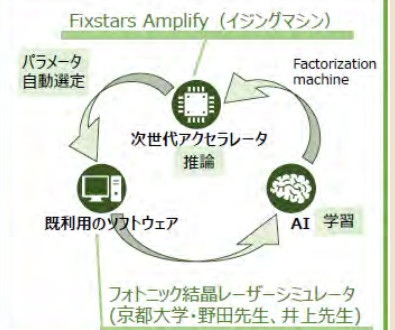
#### 高性能PCSEL\*1の性能向上に貢献\*2

PCSELのデバイス構造最適化に要する計算時間を古典的手法の1/6\*3に短縮し、性能指数Q値を約1.5倍\*4に向上。スマートモビリティやスマート加工におけるキーデバイスの超小型・高性能光源に貢献。

\*1...フォトニック結晶レーザー、\*2...22/9/9京大プレスリリース済、

\*3...約490分⇒80分、\*4...1.9579⇒2.9339

### AIと次世代アクセラレータのハイブリッド



# 4. 社会課題の解決に向けた代表的な成果

- \*1…プラットフォーム
- \*2…パイロットプラント
- \*3…オープンテストベッド

## 技術成果を広める社会実装拠点を設立。持続的体制を構築しビジネスコラボを強化する連携開始。

東大拠点は有用性の高いレーザー加工PF\*1を構築し企業ニーズへの対応強化、浜松・宇都宮拠点は国内外企業・研究機関等と連携促進し新規加工技術を開発、京大拠点はPP\*2レベルで実装可能な体制に強化し社会実装規模を拡大、NICT拠点は量子通信技術を多面展開するOTB\*3を構築しユースケースを拡大、早大拠点は量子計算アプリケーション拠点で企業ニーズに広く対応、九大拠点はクラウドPFの利用環境を整備しワンストップソリューション提供体制を整備・拡大。

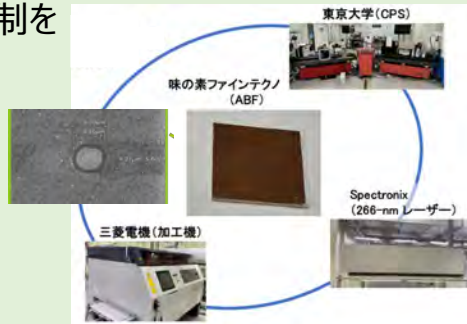
### 【東京拠点（東京大学）】

#### レーザー加工

#### 台湾ITRI\*1との評価を経て連携を強化

次世代半導体パッケージング用穴あけ加工をITRIと評価完了。また国内で先端半導体材料を核に企業と協調体制を構築済\*2。今後これらの活動を中心に半導体産業における日本の競争力強化に寄与。

- \*1…工業技術研究院
- \*2…22/10/24プレスリリース済



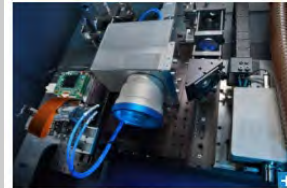
### 【浜松・宇都宮拠点】

#### レーザー加工

#### FhG ILT\*1に「SLM応用ラボ」を設置\*2

SLM応用ラボの設置を契機に、FhGのネットワークやユーザーとの連携関係を活かし、海外ニーズ情報を取り込み、グローバル展開に活用。

- \*1…フ라운ホーファー研究機構
- \*2…現地 22/9/5プレスリリース済



© Fraunhofer ILT, Aachen, Germany.  
In the "Joint Application Lab" of Hamamatsu and Fraunhofer ILT, manufacturing processes can be investigated using a scanner-based process head with an integrated high-power SLM.

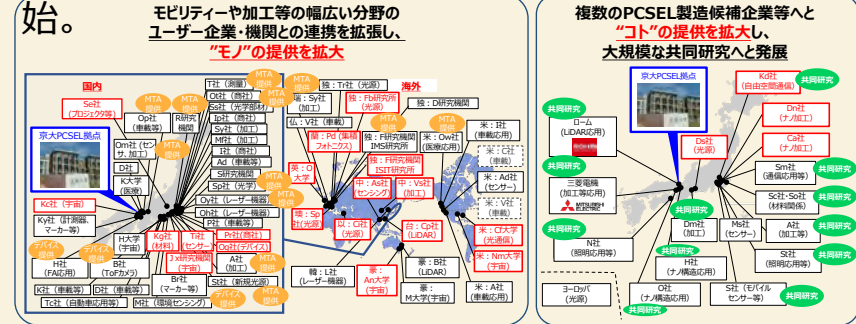
<https://www.ilt.fraunhofer.de/en/press/press-releases/2022/9-5-hamamatsu-slm-joint-application-lab.html>

### 【京都拠点（京都大学）】

#### レーザー加工

#### “コト”と“モノ”の社会実装を拡大

拠点への引き合いは、国内外の83以上の企業・機関へと大幅に増大。大規模な共同研究も複数開始。

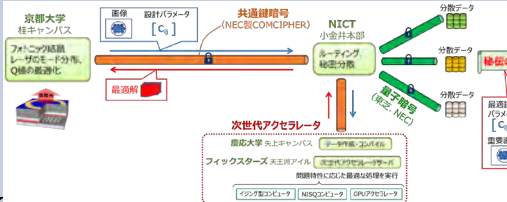


### 【東京拠点（NICT）】

#### 光・量子通信

#### スマート製造分野への適用可能性を確認

量子セキュアクラウドシステムをPCSELに適用した検証試験で、スマート製造分野での設計情報の最適化処理・高秘匿伝送・分散保管に成功\*。



- \*…22/10/4プレスリリース済

### 【東京拠点（早稲田大学）】

#### 光電子情報処理

#### スマート物流分野でサービスイン

(株)バルメゾンロジスコ（住友商事グループ）と物流センター向け作業配置最適化サービスを開発し、住商が10月に商用利用開始。



<https://www.sumitomocorp.com/ja/jp/news/topics/2022/group/20220912>

### 【九州拠点（九州大学）】

#### レーザー加工

#### CPS化推進半導体拠点を形成

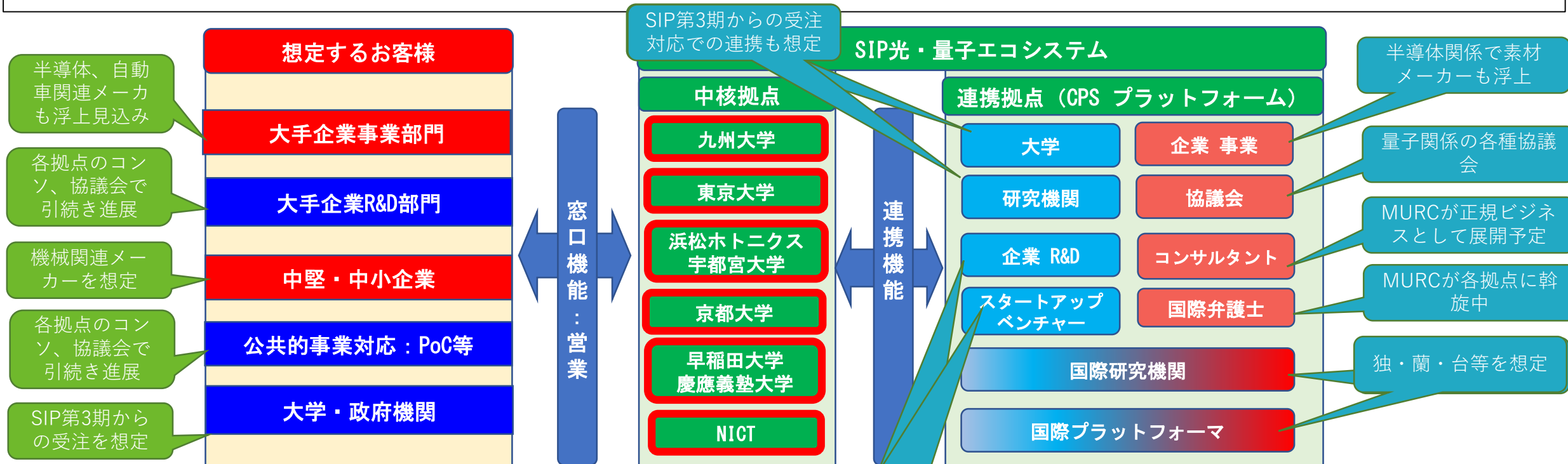
半導体企業、及び和蘭TNOなど海外機関との連携開始。SEMICON Taiwanに初出展しITRIなど現地機関と接触。トップ会談に結実し連携体制を強化。





# 5. 事業創出への見通し

既に高耐光SLM、量子暗号は事業化され、次世代アクセラレータ基盤技術も物流倉庫の作業人員最適化に商用利用された。さらにMDGは有償利用が、PCSELはセンシング光源等で事業化検討が始まっている。今後大学に日本版フラウンホーファー型拠点づくりを進め、SIP活動期間中に始まっている大手企業等との連携や引合いを多く獲得する。SIP期間中に開発した世界トップクラスの成果（ボトルネック解消技術）を広く社会実装すべく、拠点連携を進める。



## 6. 総括と今後の課題・展望

### 【総括】

**SIP光・量子では世界トップクラスの技術成果に加え、成果の社会実装を継続的に行える拠点を構築し、企業がデジタルツインの整備に向け安心して投資できる環境も整えた。SIP光・量子の成果は、Society 5.0実現化に対し、まさにボトルネックを解消し、大きな投資を促す環境を整えたインパクトあるものであり、Society 5.0実現化へ大きな貢献を果たした。**

### 【今後の課題・展望】

SIP光・量子の成果は、市場への投資が開始された半導体分野から対応しており、Society 5.0全体への波及を目指し各拠点が継続的に活動する。直近で顕在化している大きな市場であるスマートモビリティ向けに、PCSELがLiDAR光源として展開される予定のほか、スマートエネルギーへの適用においても具体的な対応を開始する。さらに幅広い分野で波及すべく、各拠点が長期ロードマップを継続的に見直し運営する。

# 参考資料

研究開発テーマ

大学拠点活動に関心を寄せる企業・機関の状況

国際標準化戦略の活動成果

成果の対外的発信



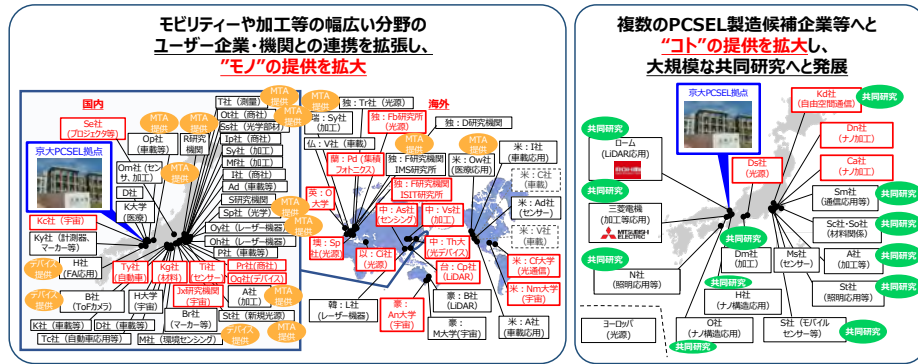
# A1. 研究開発テーマ

研究テーマ	研究責任者	参画機関	研究概要
1 CPS型レーザー加工機システム研究開発	小林 洋平 (東京大学)	東京大学、パナソニックホールディングス(株) パイロット機関：九州大学、ギガフォトン(株)	加工工程の実績や計測によるリアルタイムでの高度光制御を達成し、まずは電子部品製造分野における難加工材料など電子機器の製造工程に実装
CPS化戦略の波及加速 パイロット拠点の形成	池上 浩 (九州大学)	九州大学、ギガフォトン(株)	東大のCPS化拠点構築ノウハウを活用し、半導体材料のレーザー改質プロセスのCPS化を加速する拠点形成
<b>レーザー加工</b>			
2 空間光制御技術に係る研究開発	豊田 晴義 (浜松ホトニクス)	浜松ホトニクス(株)、宇都宮大学	非熱レーザー加工等の高精度かつ高スループットな加工技術を実用化
<b>レーザー加工</b>			
3 フォトリソグラフィに係る研究開発	野田 進 (京都大学)	京都大学、三菱電機(株)、ローム(株)	フォトリソグラフィにより、半導体レーザーの大幅な高輝度化・高機能化を実現し、システム簡略化・小型化を通じて、Society 5.0の実現に貢献
<b>レーザー加工</b>			
4 量子暗号技術	藤原 幹生(NICT)	NICT、日本電気(株)、(株)東芝、学習院大学、東京大学、北海道大学、(株)ZenmuTech	市場競争力の高い量子暗号装置の開発と、量子セキュアクラウドシステムの構築
<b>光・量子通信</b>			
5 次世代アクセラレータ基盤に係る研究開発	戸川 望 (早稲田大学)	早稲田大学、(株)フィックスターズ、(株)QunaSys、慶応義塾大学	量子及び古典を含むコンピュータをアクセラレータとして活用するシステムアーキテクチャを構築し、従来の計算方法と比較して格段に処理や解析を高速化・高度化
<b>光電子情報処理</b>			

# A2. 大学拠点の活動に関心を寄せる企業・機関の状況

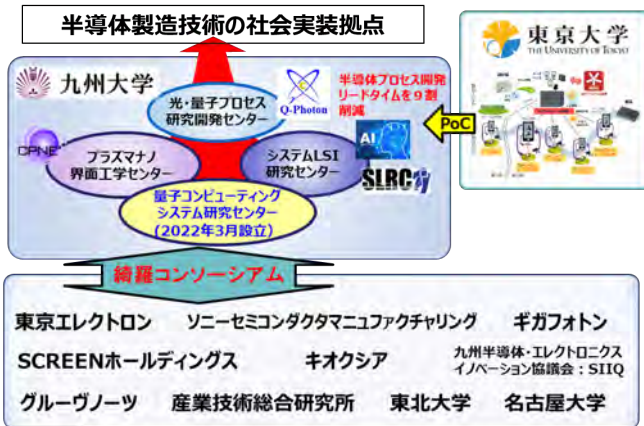
## 【京都大学】 “コト”と“モノ”の社会実装を拡大

拠点の窓口体制やデバイス提供体制の強化、アウトリーチ活動の強化を行い、拠点への引き合いが国内外の83以上の企業・機関へと増加。



’21.11から27機関以上増加

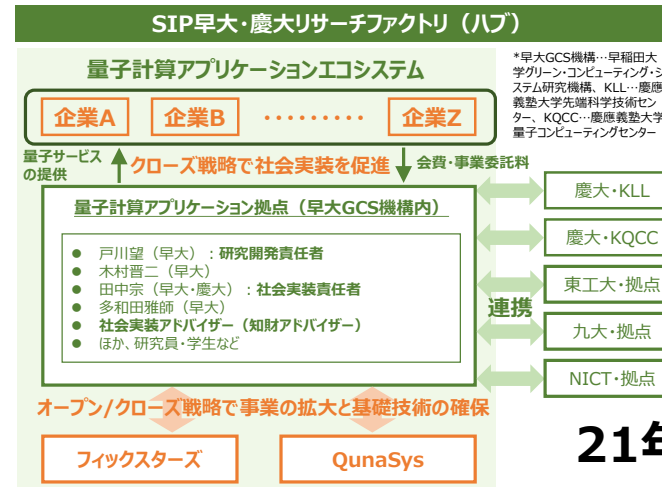
## 【九州大学】 九州半導体サプライチェーンを強靱化



綺羅コンソーシアムを通じて製造技術の革新を目指すしており、参画企業数が41に増加。

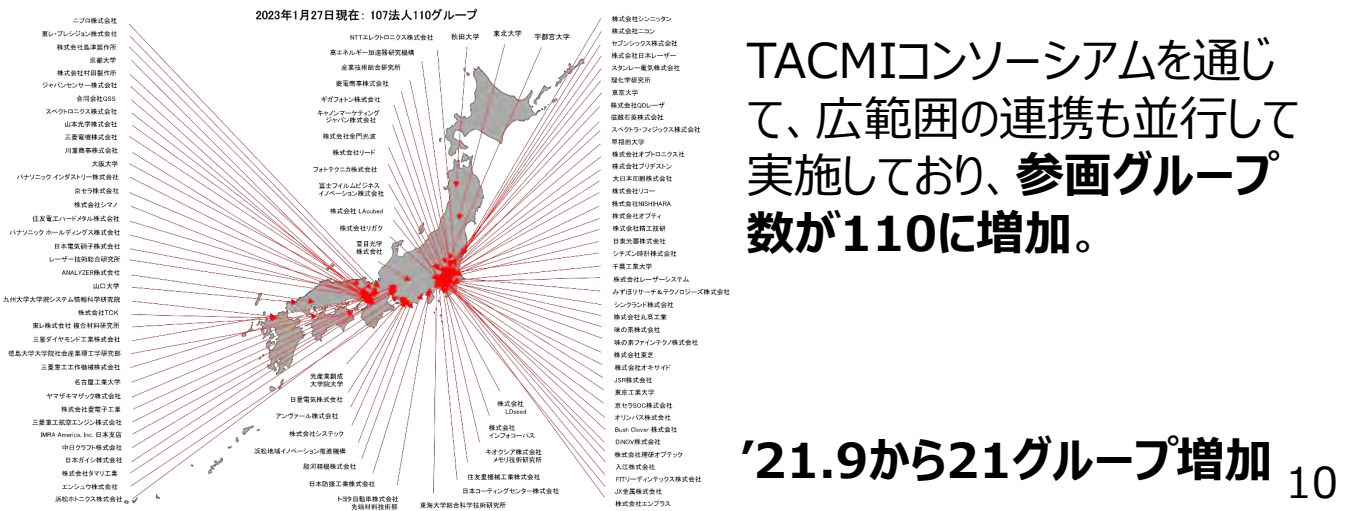
21年度から16企業増加

## 【早稲田大学】 量子計算アプリケーション拠点を設置し社会実装を実施



21年度から連携機関が3機関増加

## 【東京大学】 オープンクローズ展開体制の活用

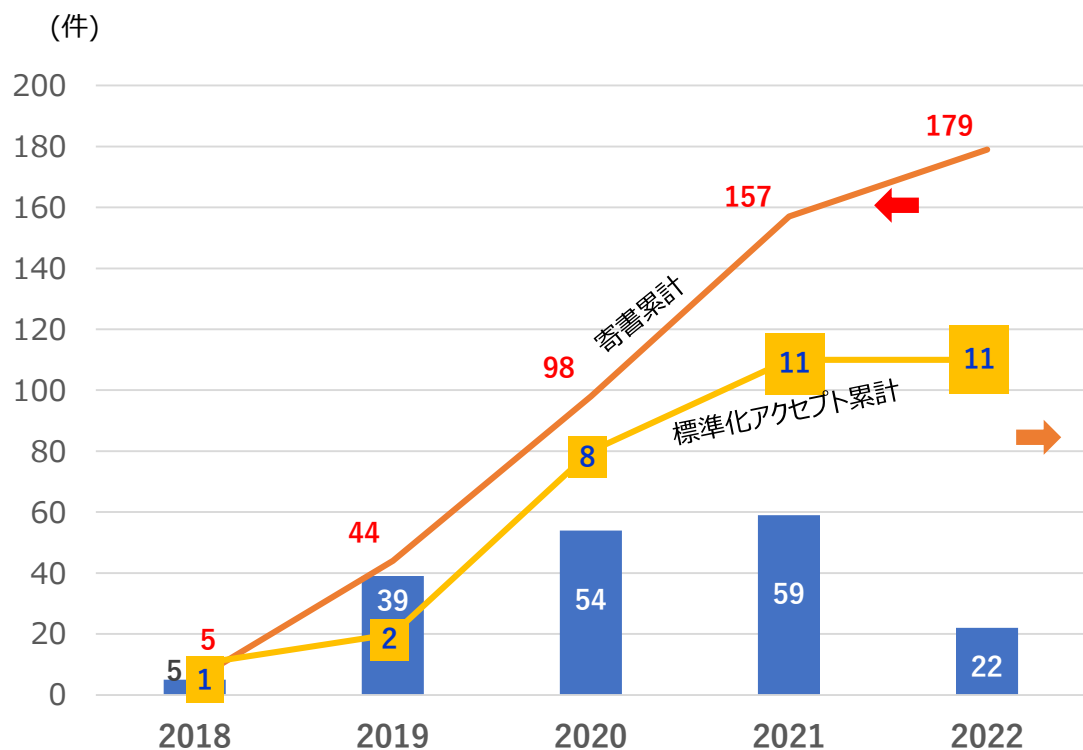


# A3. 国際標準化戦略の活動成果

(1) 量子暗号ネットワークの国際標準化を推進。この5年間で179編の寄書を提出し、11件の標準化発刊 + アクセプトに結実させ、日本の技術を骨子とする基本勧告体系の整備に貢献した。

2022年度は、11月現在、標準化会合参加回数14回（ITU-T\*：7回、ESTI：7回）、22編の寄書を提出。

\*国際電気通信連合-電気通信標準化部門



標準化活動 – 寄書/標準化アクセプト実績



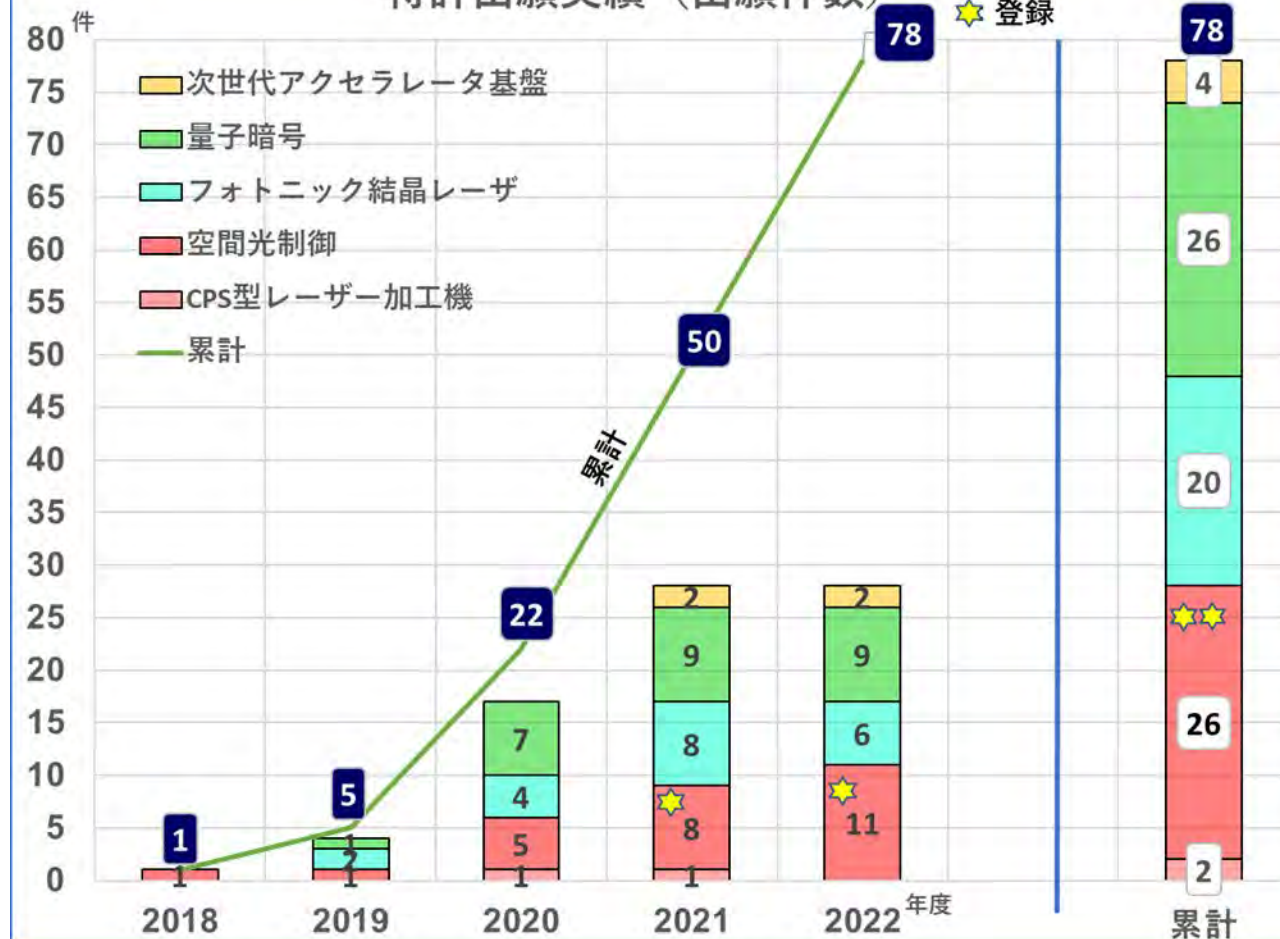
## 5年間にわたる国際標準化活動の成果



# A4-①.成果の対外的発信 -SIP期間中実績推移-

※2022年度は2023.2.28時点

### 特許出願実績（出願件数）



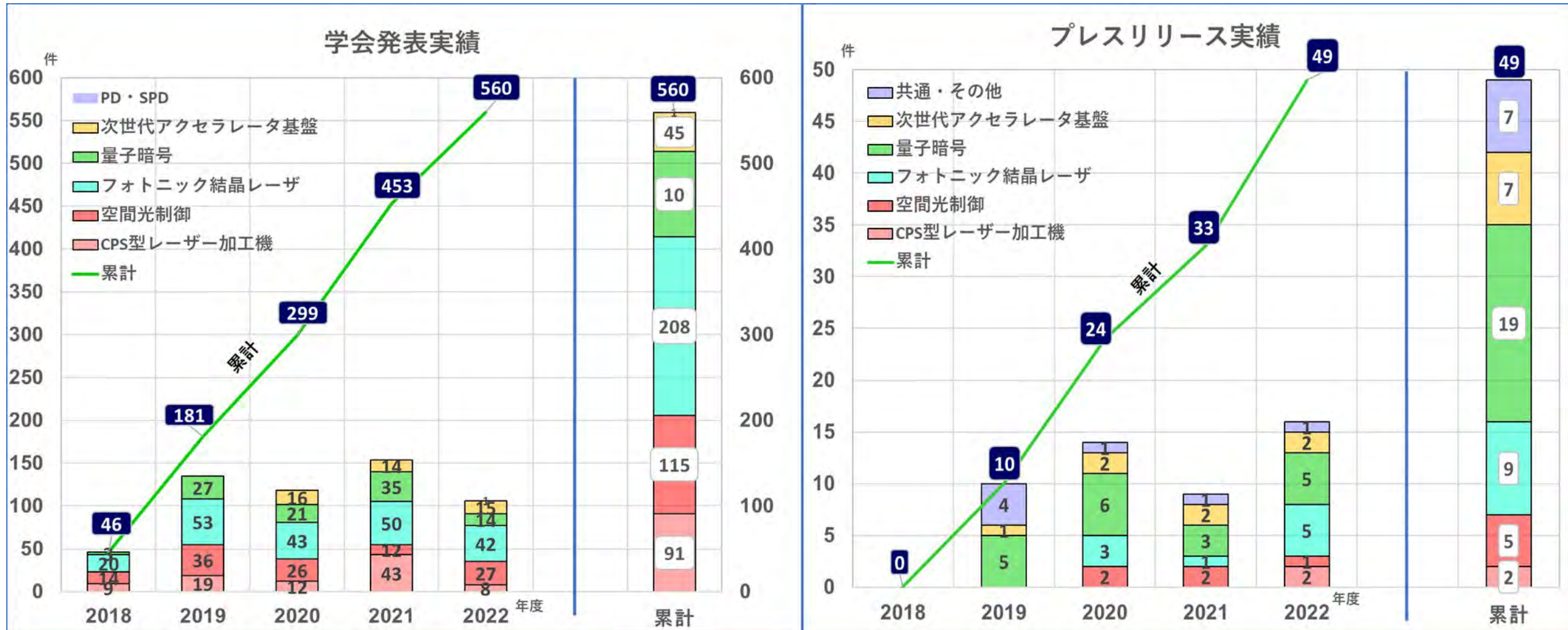
### 論文実績





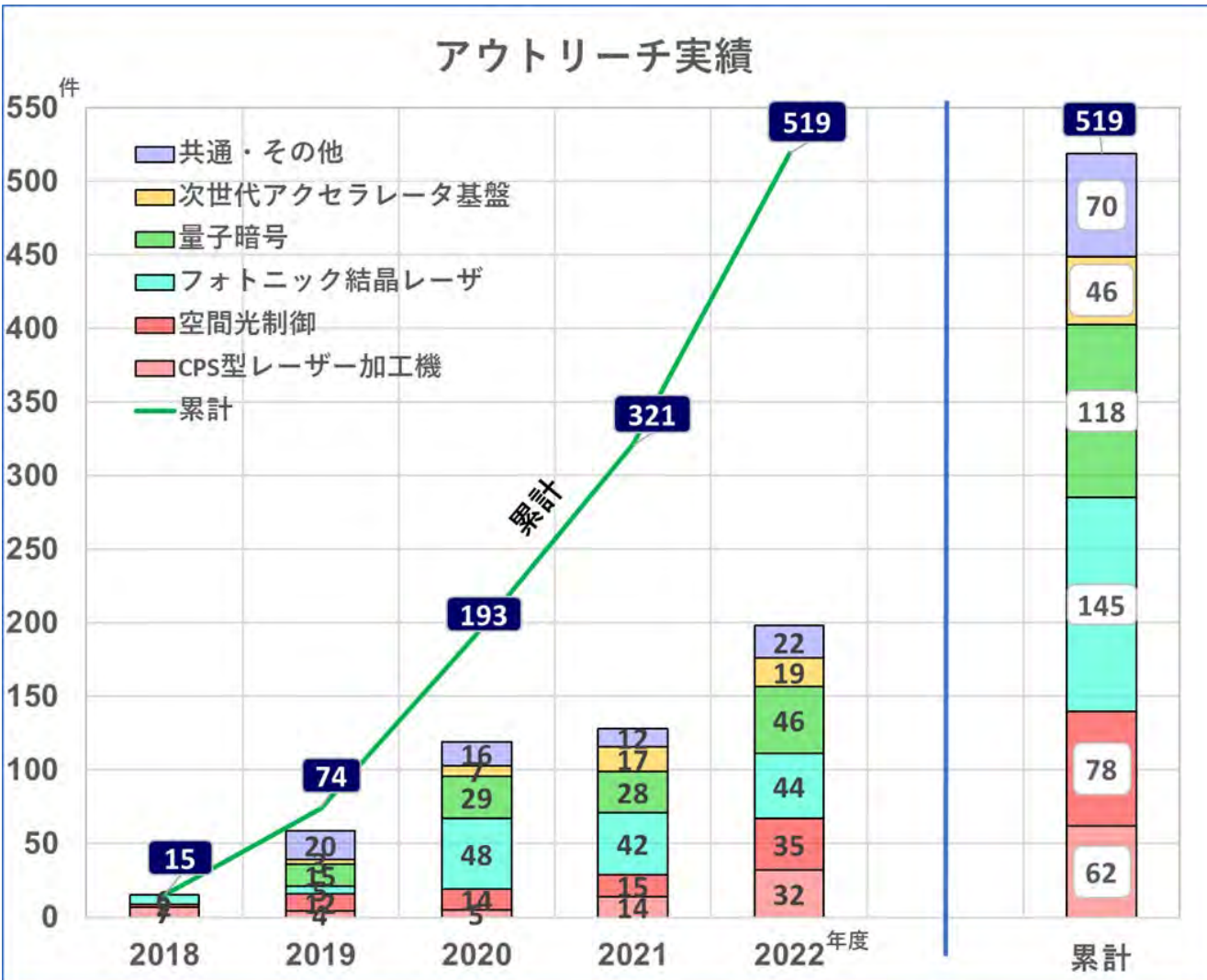
# A4-②.成果の対外的発信 - SIP期間中実績推移-

※2022年度は2023.2.28時点



# A4-③.成果の対外的発信 - SIP期間中実績推移-

※2022年度は2023.2.28時点



注) アウトリーチ集計には「プレスリリース」「取材対応」「展示会参加」「書籍出版」を含む