

# グリーン・トランスフォーメーションへの HTGR の貢献

加藤之貴

東京科学大学 総合研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所  
yukitaka@zc.iir.isct.ac.jp



高温ガス炉プラント研究会（RAHP）第19回定期講演会  
GX 推進への高温ガス炉産官学イニシアチブ  
～オールジャパンで未来を目指す～  
2025/1/20 16:10-16:25、東京大学山上会館 大会議室

# Science Tokyo



2024年10月に東京工業大学（創立1881年）と東京医科歯科大学（同1928）が統合し東京科学大学（Science Tokyo）が誕生しました。



グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ  
**Science Tokyo GXI**

文部科学省ミッション実現加速化経費(教育研究組織改革分(組織整備), R4-8(2022-'26))

**【事業目的】** 政府方針である2050年カーボンニュートラル(CN)実現のために**グリーン・トランスフォーメーション(GX, 緑転, CN化に応じた産業及び社会の構造の変化)**の実現を技術面から目指す。GX社会を先導(Initiation)する研究活動を産業・社会と連携したオープンイノベーションで進める。

【ポジションペーパー】

# GXI VISION 2050

## 社会的慣性を見越したアフォーダブルな移行で カーボンニュートラルを達成

Affordable transition to the carbon neutrality in prospect of social inertia

2024年9月17日Web公開

第7次エネルギー基本計画（令和7(2025)初春）に向けての提言

本文：<https://science-tokyo.app.box.com/s/c7ke81vqbz2oww5hunr9w4uaeu8cou93>

Full text in English: <https://science-tokyo.box.com/s/uhmzbnik28sfq24v0hnqmzjehml74psg>

Web page: <https://www.gxi.iir.titech.ac.jp/research/gxi-vision-2050/>

\*社会的慣性（social inertia）：質量に比例する力学的な慣性とのアナロジーで、長期利用を前提としたインフラ、巨額な生産設備、複合的で総体的に巨大なサプライチェーンなど、様々な要因で急激な変化が困難なことを表す。

\*\*アフォーダブル（affordable）：手頃で十分受容可能な、の意味。単純に安価や導入のハードルの低さだけを追求しない姿勢のこと。

E TOKYO

# GXI Vision 2050 主張三点

「社会的慣性を見越したアフォーダブルな移行でカーボンニュートラルを達成」を主張点としてGX VISION 2050を提示し、GX実現に必要なGX技術として次の3点を主張します。

(1) 十分なゼロカーボンエネルギーの確保

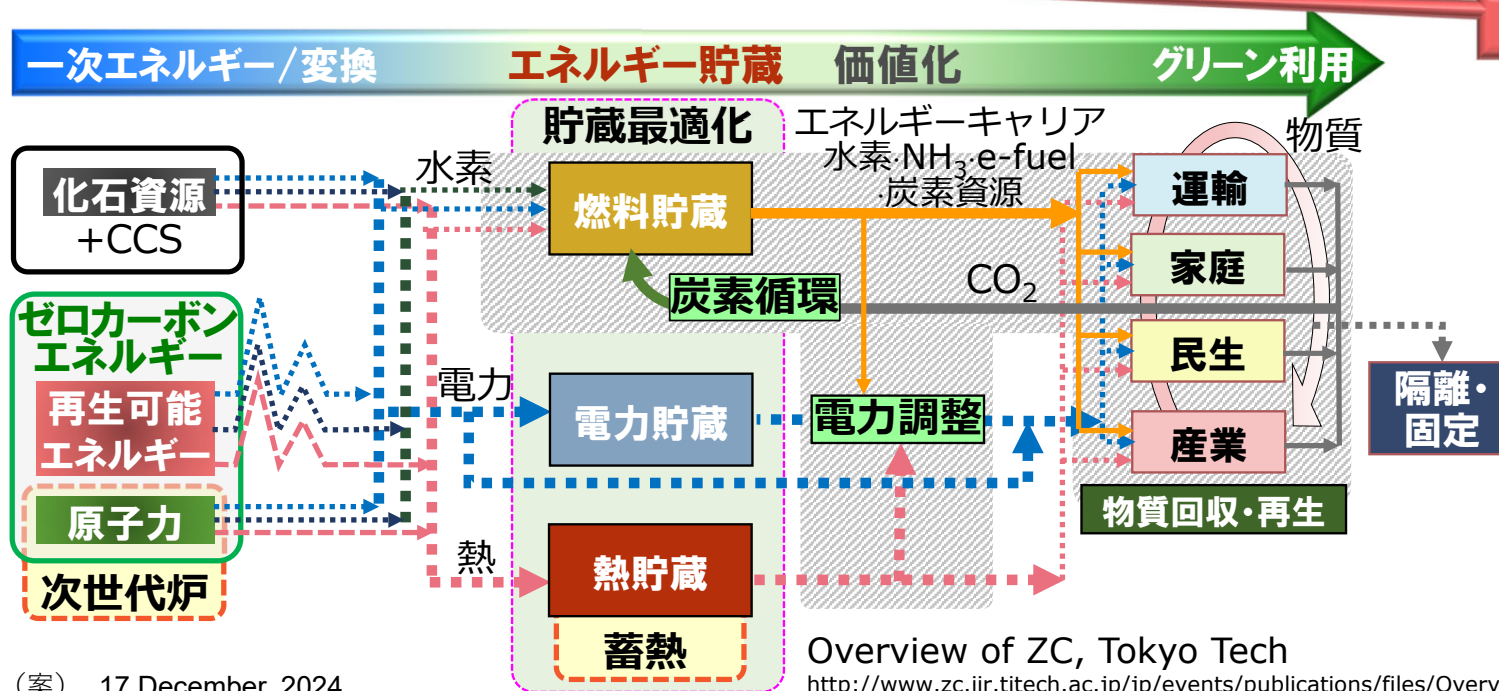
第7次エネ基pp. 55言及[1]

(2) エネルギー貯蔵システムの合理的な大容量化と調整力の確保

同 pp. 16

(3) 炭素循環によるGX強化

同pp. 19



Overview of ZC, Tokyo Tech

[http://www.zc.iir.titech.ac.jp/jp/events/publications/files/Overview\\_ZC\\_2021.pdf](http://www.zc.iir.titech.ac.jp/jp/events/publications/files/Overview_ZC_2021.pdf)

[1] METI, エネルギー基本計画 (案), 17 December, 2024

[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/opinion/data/2024\\_01.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/opinion/data/2024_01.pdf)

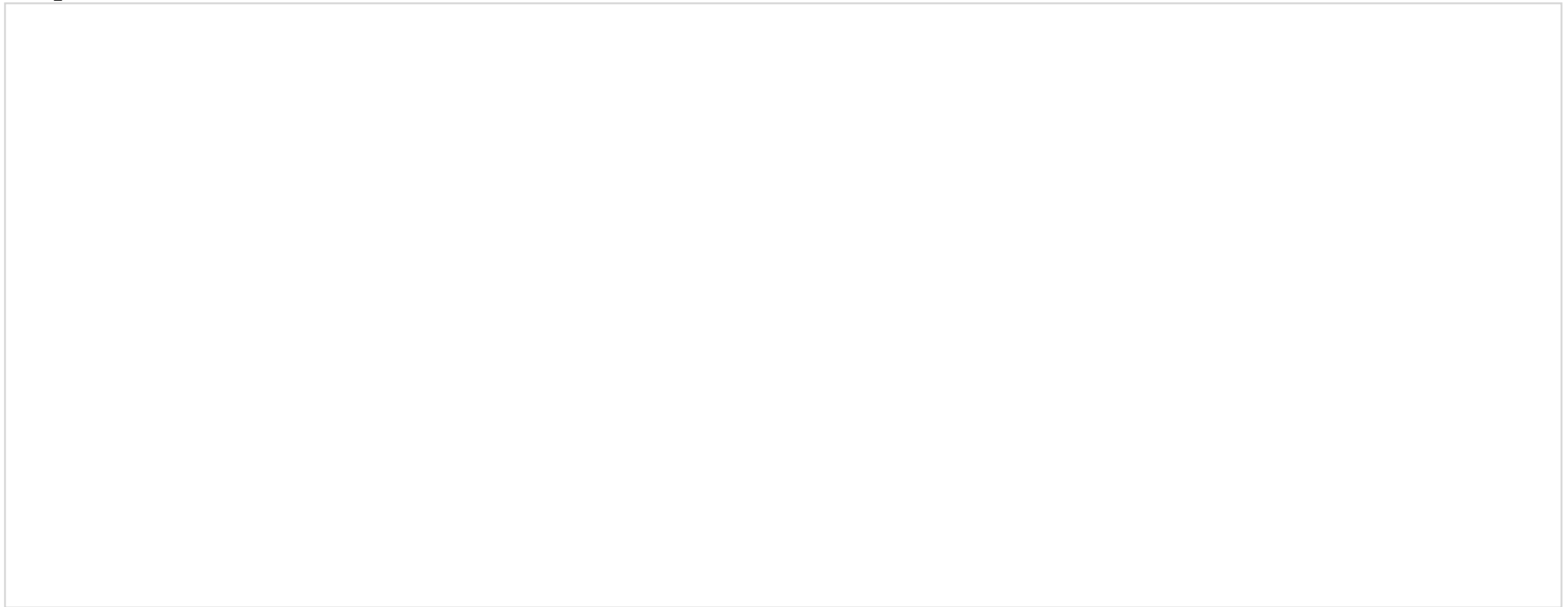
Confidential, © 2025, Yukitaka Kato, Science Tokyo

# 水素直接還元へのHTGR利用

# グリーン水素の需要拡大

Stegra, 世界初の水素直接還元一貫製鉄所：水力発電→水電気分解→水素→水素直接還元

1. Midrex H2型[3]の水素還元製鉄。2026年稼働(Phase 1) 250万t-iron/y、690 MW electrolytic cell、推定3.2万t-H2/y
2. Phase 2の2030年までに、年間500万トンのグリーン鋼を生産する予定
3. 鉄鉱石ペレットを直接還元鉄 (DRI) (スポンジ鉄) に還元。グリーン水素を使用することで、製鉄プロセスからのCO<sub>2</sub>排出量を最大95%削減



[1]GMK, Center, 2024/09/20, <https://gmk.center/en/news/stegra-receives-first-e100-million-of-swedish-state-aid/>

[3] <https://stegra.com/green-iron>

[2] Midrex, <https://www.midrex.com/tech-article/midrex-h2-ultimate-low-co2-ironmaking-and-its-place-in-the-new-hydrogen-economy/>

# 水素製造とHTGRの連携

海外水素は液化 + 輸送コストが過大  
→ 需要地域での水素製造、供給が合理的

HTGRによる需要地域での水素製造

1. 国内HTGRによる産業向けの水素、熱供給が合理的。
2. HTGRには発電機能が必須
3. HTGR + 産業が新たなCN産業形態

CIF: Cost, Insurance and Freight (運賃保険料込条件)

METI, 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討, 2020/12/21

[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/035/035\\_004.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/035/035_004.pdf)



# 炭素循環産業システム

# 炭素循環産業システム, ACRES, とHTGR

**ACRES: Active Carbon Recycling Energy System**

炭素循環を伴った究極のCNシステム  
-> CO<sub>2</sub>排出抑制、化石燃料節約  
-> ゼロカーボンエネルギー、再生可能エネルギー、原子力の活用

HTGRはカーボンニュートラルな電力源。水素製造、二酸化炭素還元CO製造に有用。

ゼロカーボン  
エネルギー

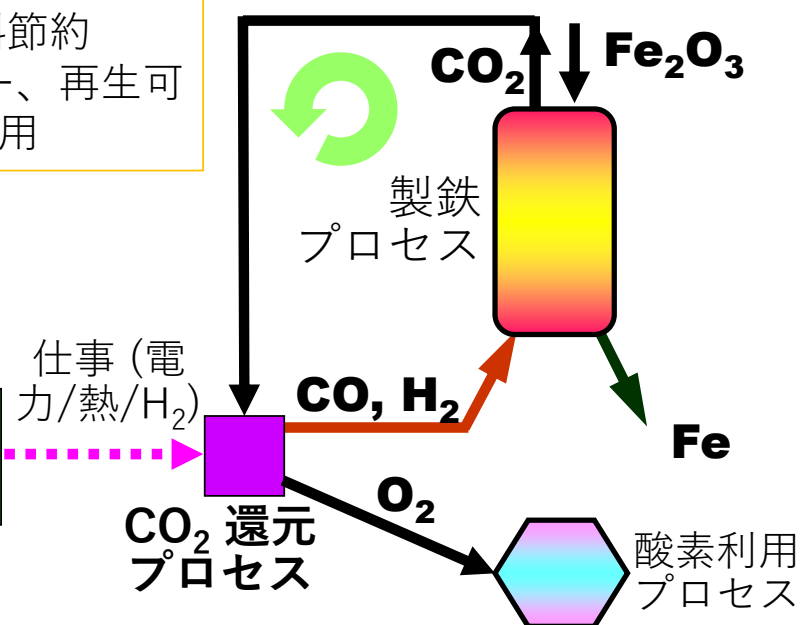
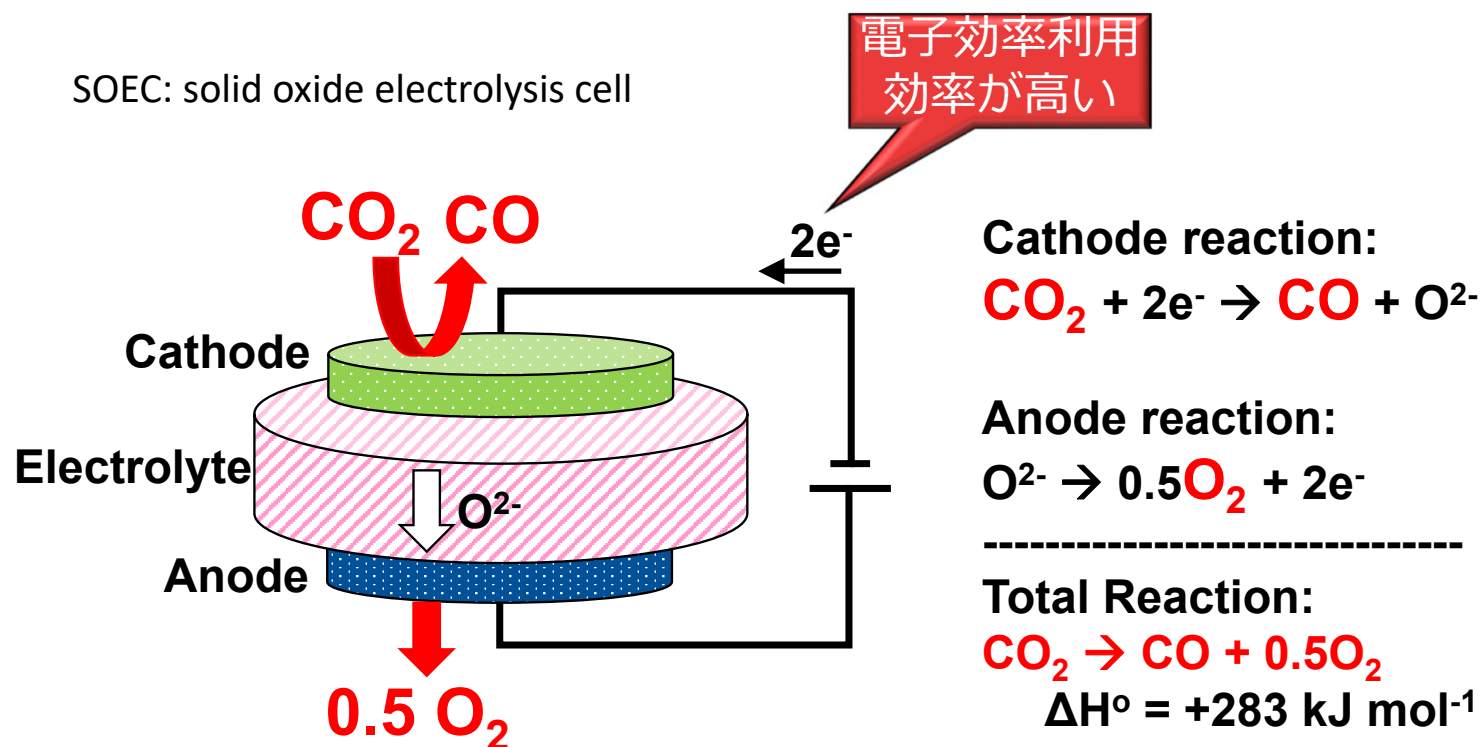


図 炭素循環産業システム(ACRES)の製鉄プロセスへの応用例(iACRES)

# 固体酸化物電気分解セルSOECによるCO<sub>2</sub>還元

SOEC: solid oxide electrolysis cell



Disk-type SOEC basic structure and operating principle

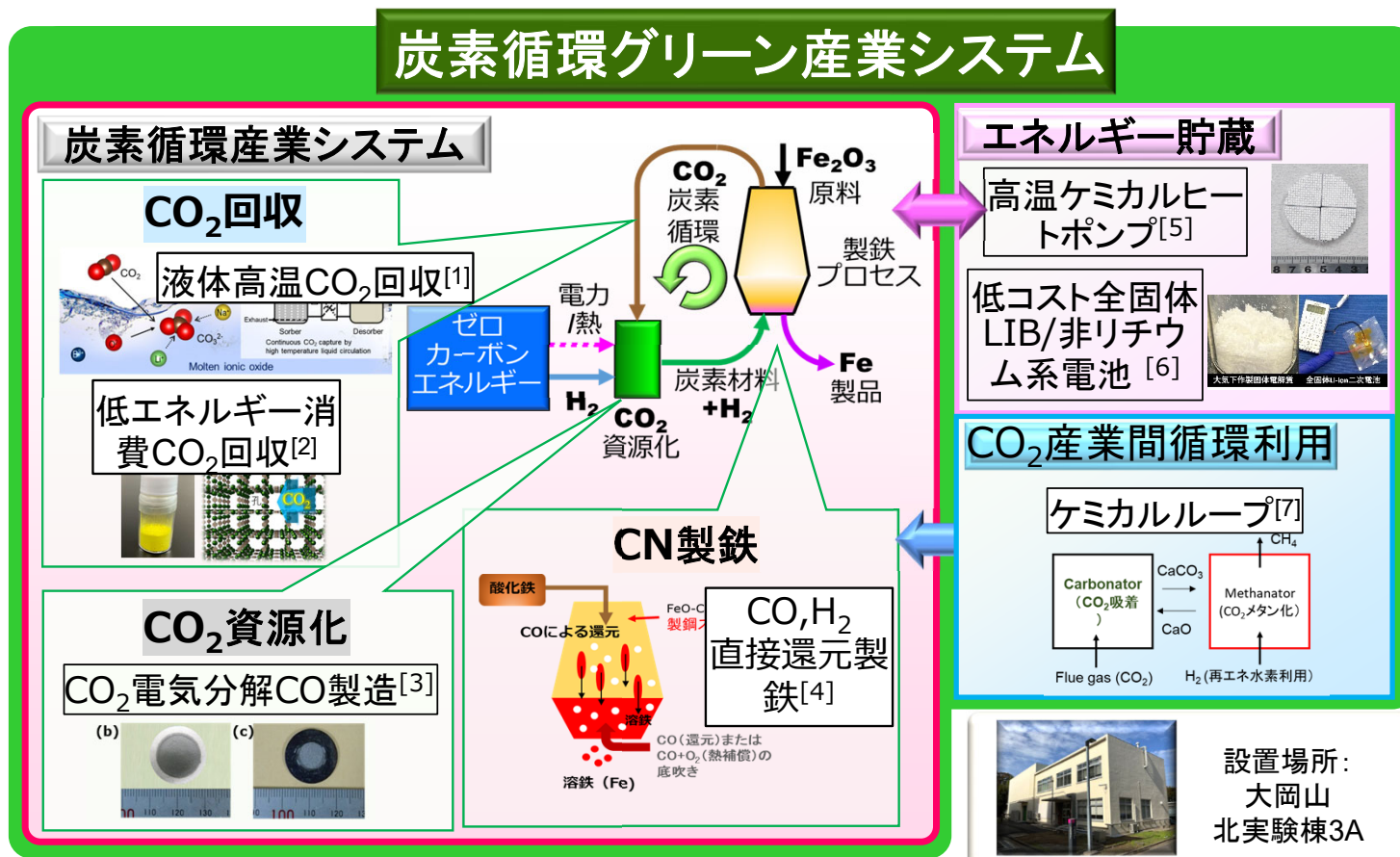
Kato, Japan Patent 2018-140934(2018)

# GXI大岡山ラボ：炭素循環グリーン産業システム実証研究施設（文科省 基盤的設備等整備分）

世界初の炭素循環産業実証施設

★ゼロカーボンエネルギー駆動の炭素循環技術を用いたCN産業システムの創成と技術実証。

## 炭素循環グリーン産業システム



[1] Harada, J. Materials Chem. A, 7, 21827(2019) ; [2] Murakami, Chem. Com, 57, 6656(2021); [3] Takasu, Kato, ISIJ Int'l, 60(12), pp. 2870-2875 (2020);

[4] Morita, Kobayashi, 耐火物, 71(4), 150-157 (2019); [5] Funayama, Kato, Energy, 201, 117673 (2020); [6] Takei, Yasui, Jpn. J. Appl. Phys., 62, SM1025 (2023); [7] Keller, Otomo, J CO2 Utilization, 40, 101191 (1-11) (2020).

# まとめ

1. 安定、安全に高温熱供給と発電のコジェネ供給が可能なHTGRは重要なCN一次エネルギー源
2. 海外水素は輸送がコスト要因。地域内のHTGRによる発電、水素製造による産業利用が経済的に優位。
3. 水素還元製鉄への高温熱、電力供給がHTGRの有力応用先
4. 二酸化炭素還元による炭素循環製鉄(iACRES)+高温ガス炉が理想的なCN産業システム
5. 日本の各自の技術を連携した、日本独自のGX向けHTGRの開発による世界のCNへの貢献

**Have a good collaboration!  
Thank you for your kind  
attention.**