

プロセスイノベーションによるリン二次資源の再生利用システム構築

東北大学大学院工学研究科 特任助教(研究) 禹華芳(Yu Huafang)

リンとは

15 P
Phosphorus
30.97376

農業
(Phosphoric acid general in low purity)

P 十分
P 不足

工業
(High purity yellow phosphorus)

- 電子部品 Electronic components (semiconductor, fuel cell)
- 自動車 Cars (surface treatment solution, lithium-ion rechargeable battery)
- プラスチック Plastics (flame retardants and stabilizers) [1]
- 医薬品 Pharmaceuticals (mRNA vaccines and PCR testing for the prevention of COVID19) [2]

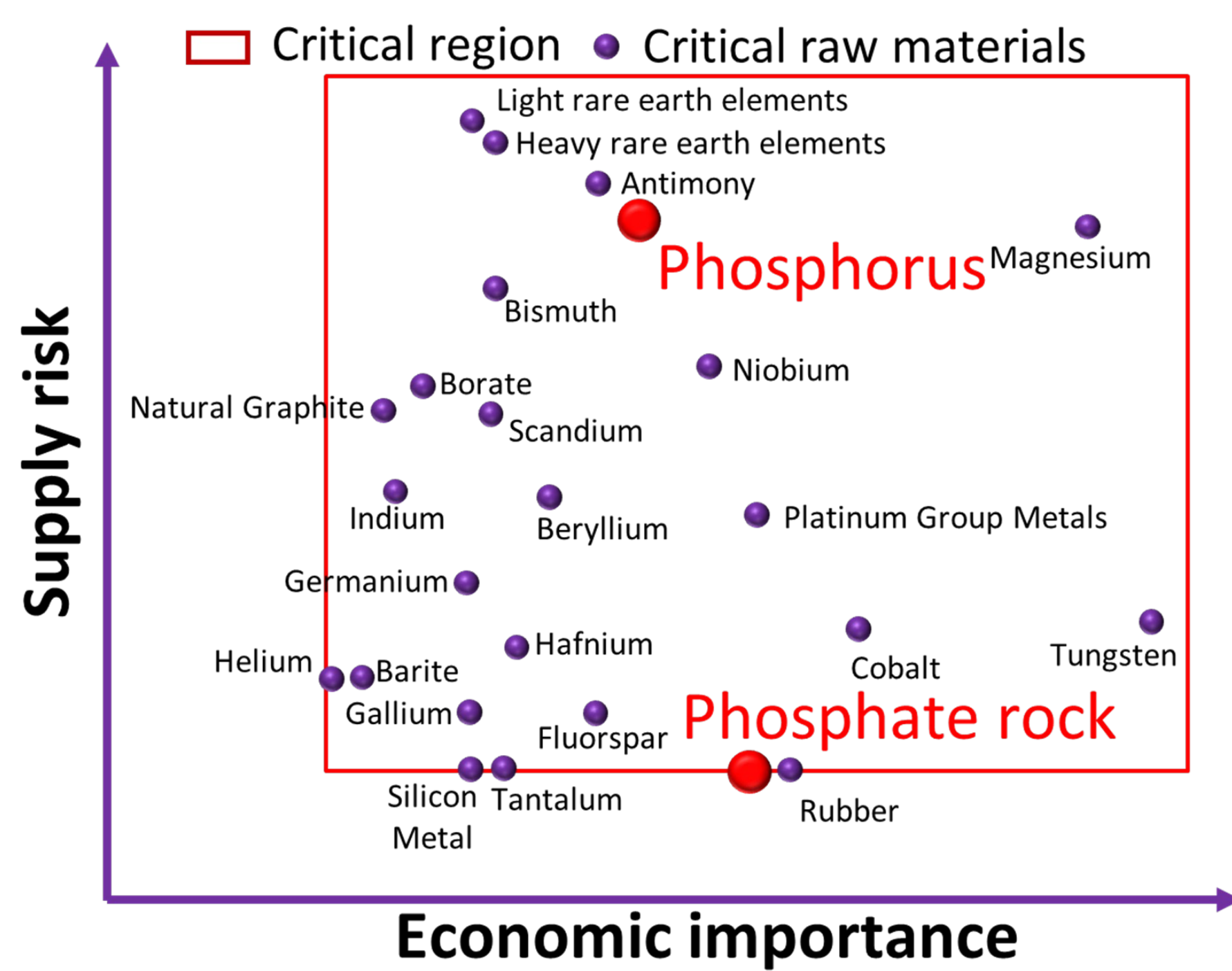


Fig. Critical Raw Materials by the European Commission [3-5]

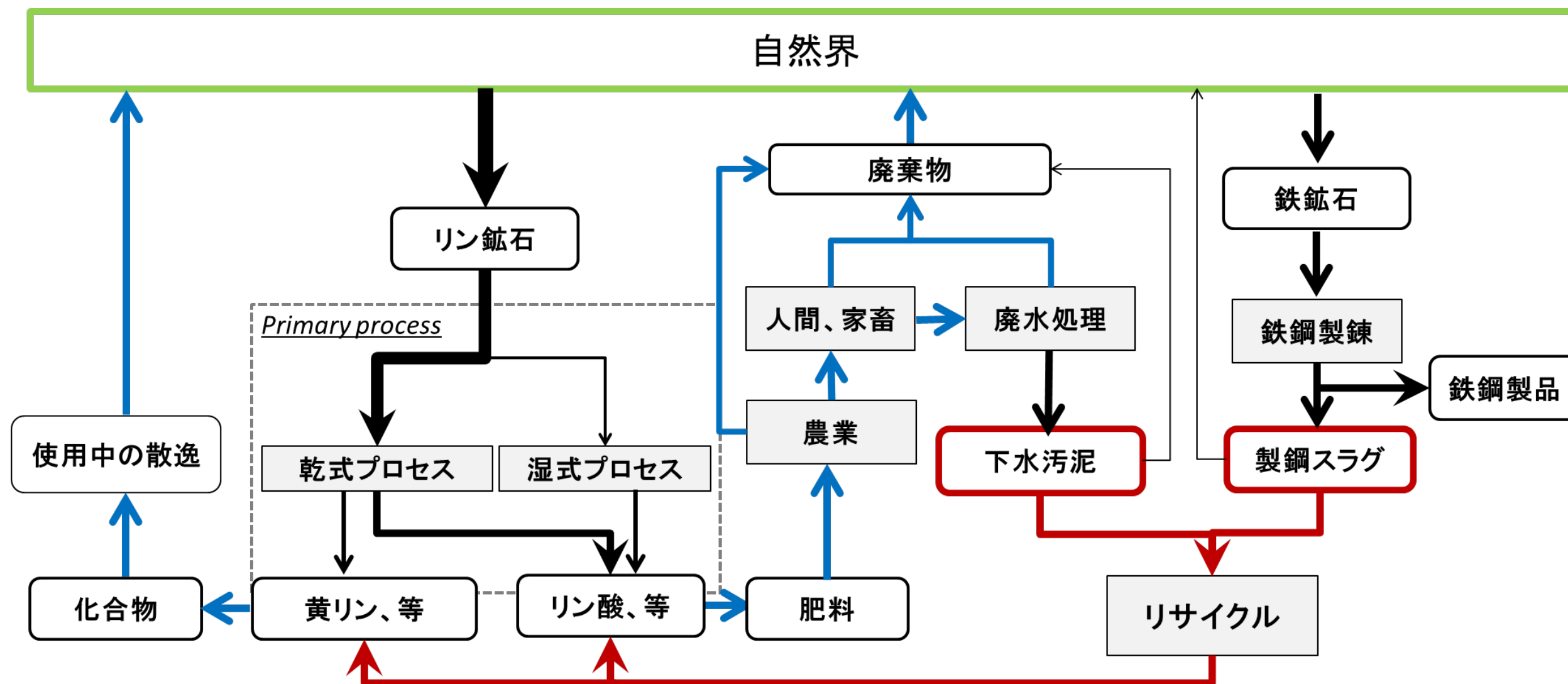
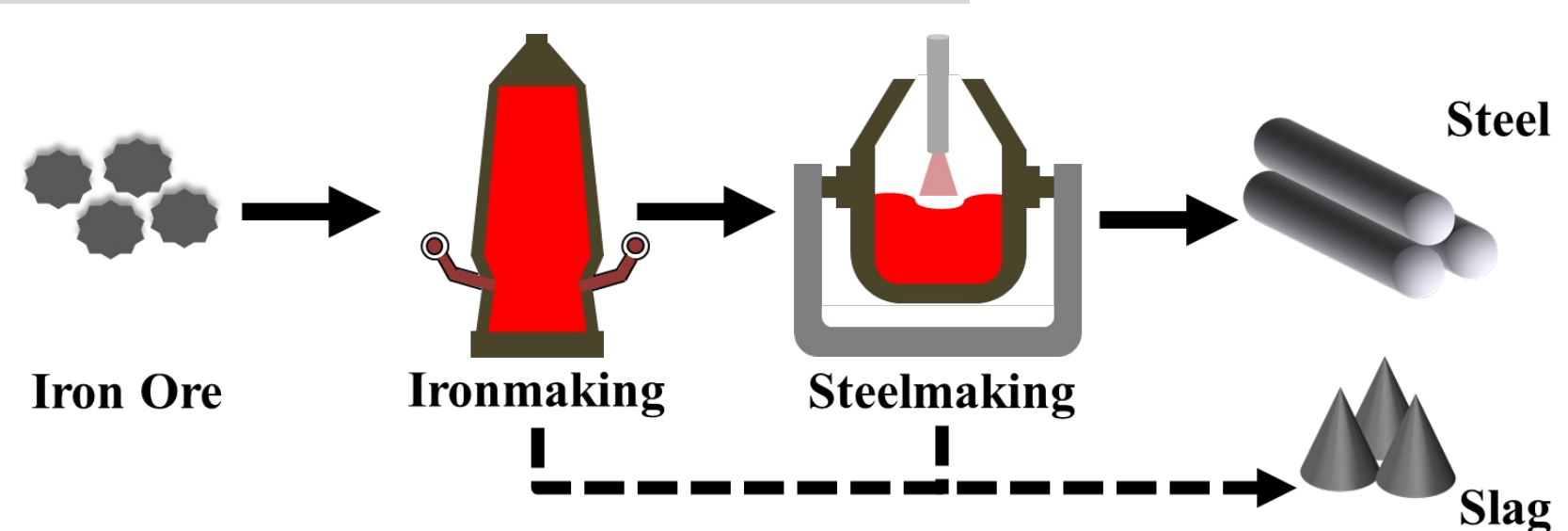


Fig. The material flow of phosphorus within the recovery process [6]

リン鉱石はリンの一次資源、下水汚泥と製鋼スラグが二つの最も重要な二次リン資源と考えられる。

製鋼スラグ中のリン

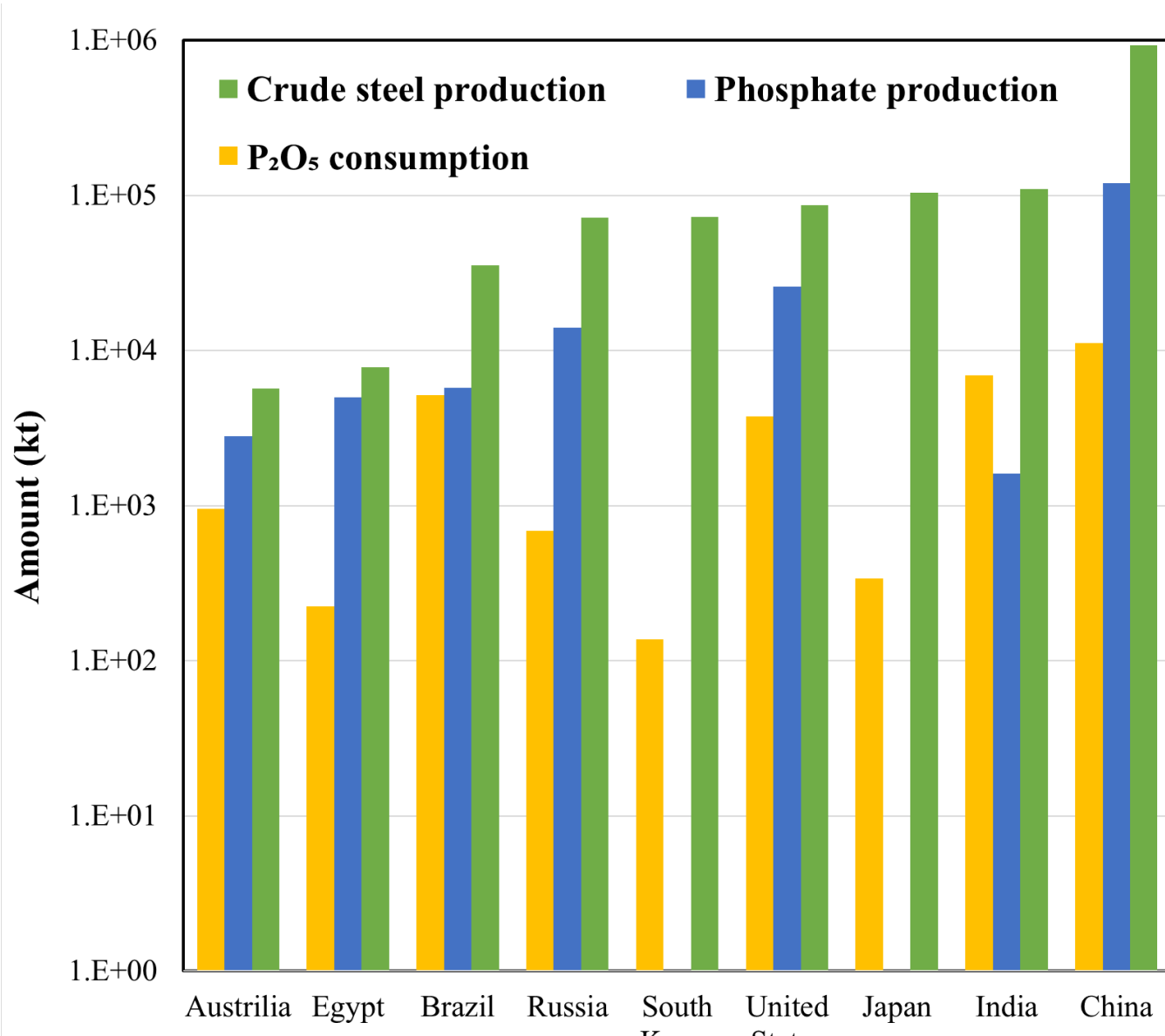
鉄鋼製錬プロセス



多くの産業分野のリンの重要性とは異なり、リンは鉄鋼材料に対する有害元素として、粗鋼中に混入するリンを除去する。

- リン酸カルシウムとして脱リンスラグ中数%まで濃縮する
- 有害貴金属をほとんど含んでいない

リン鉱石および粗鋼の生産量、P₂O₅の消費量 (2018年)

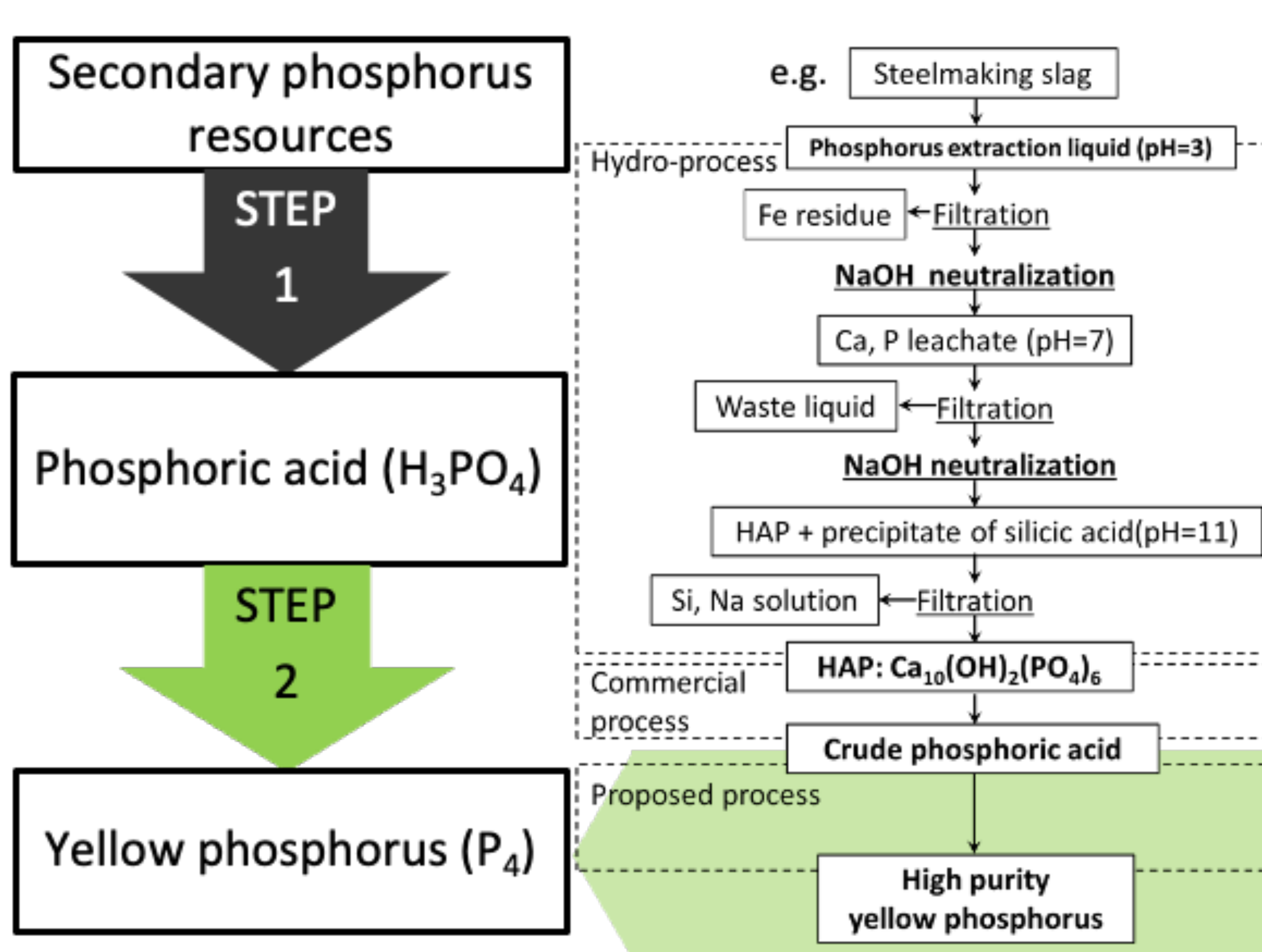


ほとんどの国では、リン鉱石の生産がリンの需要を満たせない。一方、粗鋼は生産量が多く、それに伴い製鋼スラグの生産量も多く、それに含まれるリンの量も多くなることは明らかである。

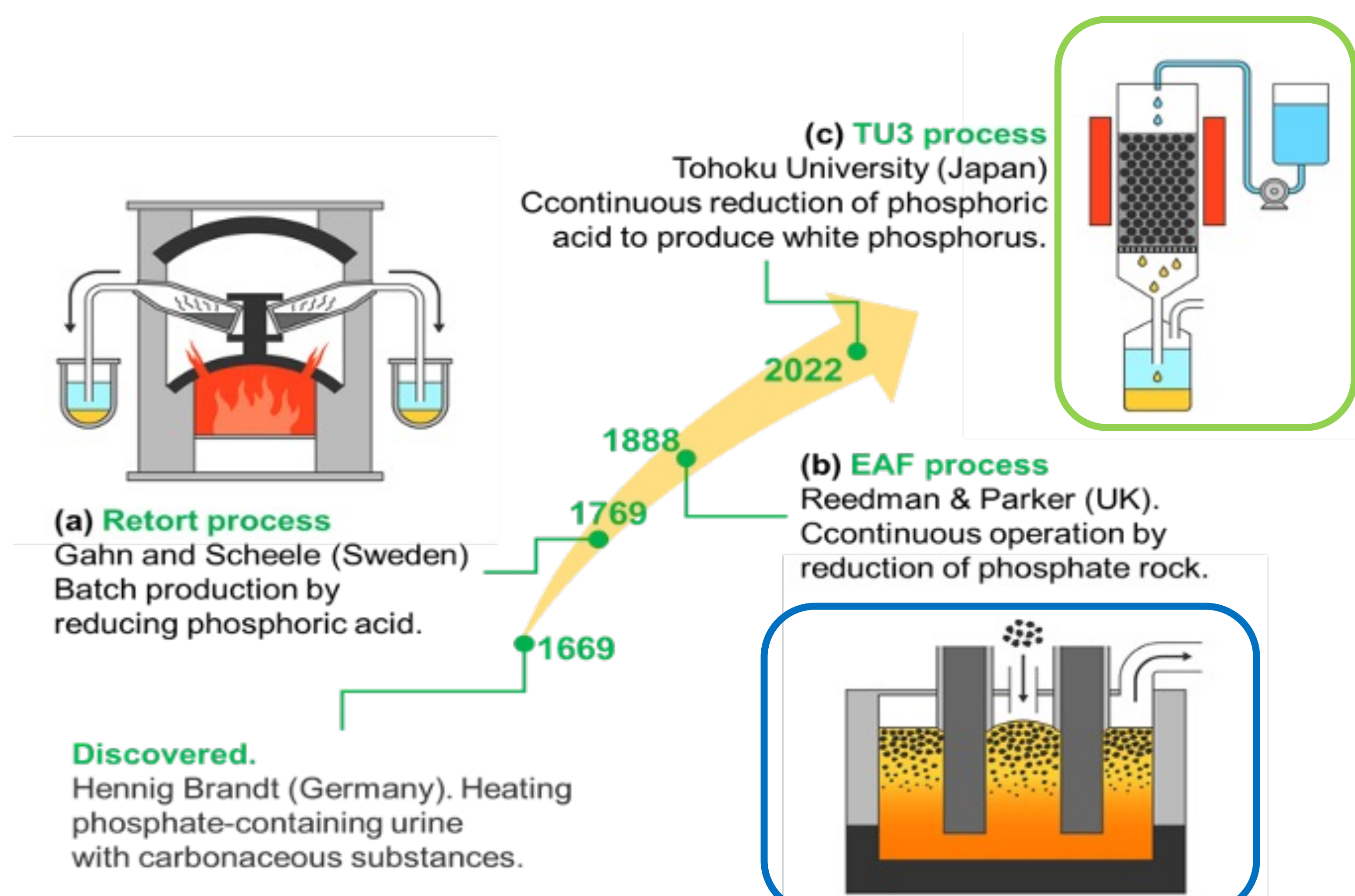
リン鉱石が豊富な国はごく限られているが、鉄鋼生産が多い国もある。

- 供給が安定

提案プロセス



リン二次資源由来粗リン酸からのリン回収



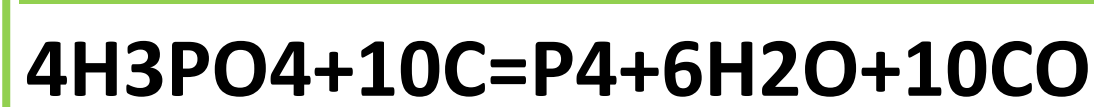
Discovered. Hennig Brand (Germany). Heating phosphate-containing urine with carbonaceous substances.

現行プロセス

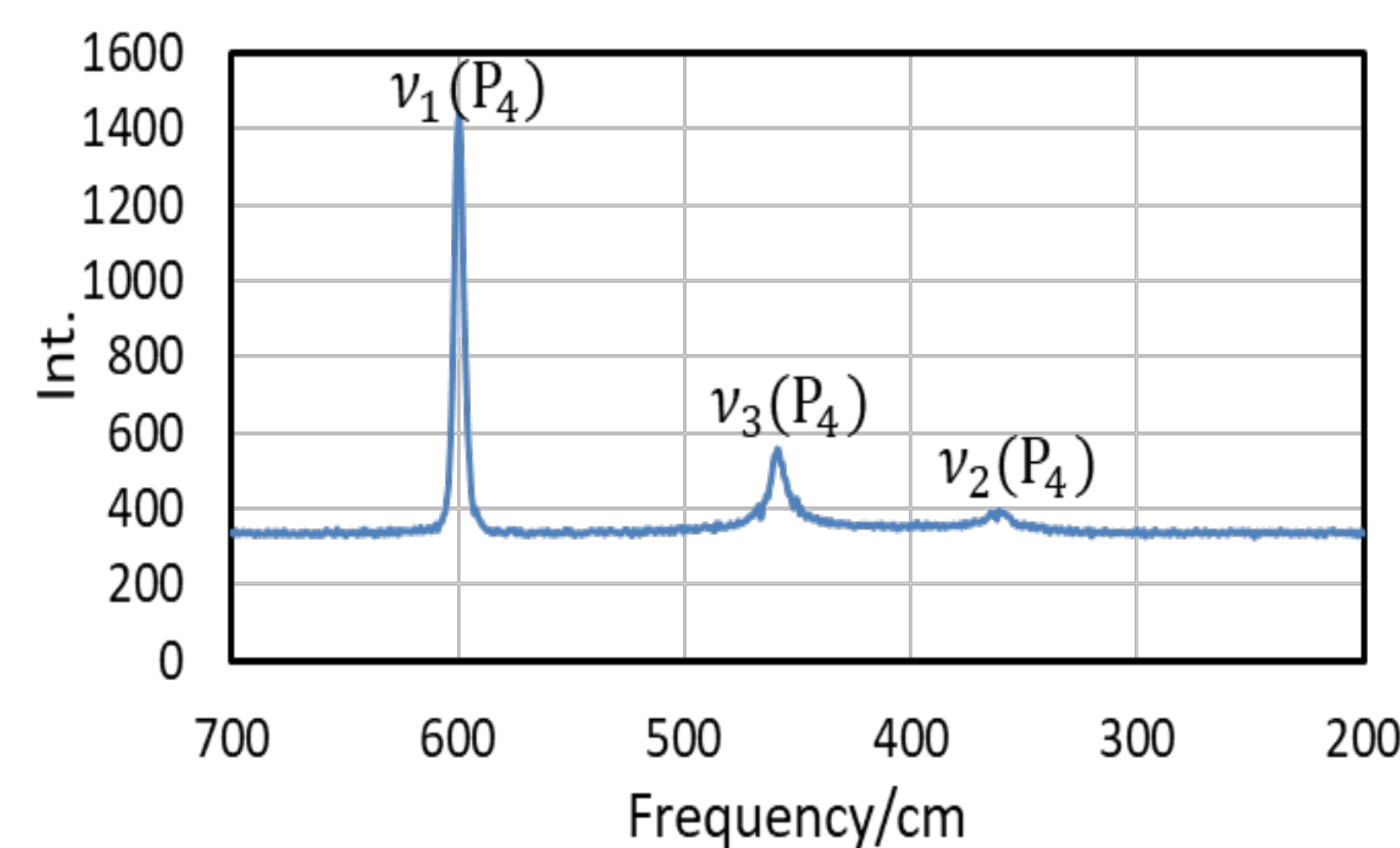


- 装置は電気炉
- 原料はリン鉱石に珪石とコークス
- 電力を大量に消費 黄リン1トン当たり約14,000kwh
- 放射性物質がガス化
- 有害重金属を含むスラグが大量発生

提案プロセス



- 装置は電気炉または燃焼炉
- 原料は製鋼脱リンスラグ等の二次リン資源から製造した粗リン酸と炭材
- 温度は現行法より遥かに低い700~1000°C
- 放射性物質のガス化なし 低いエネルギー消費
- 有害重金属を含む廃棄物発生なし



本実験中下水汚泥由来粗リン酸から回収した黄リンの写真

本実験から生成した黄リンのラマン分光結果

下水汚泥などのリン二次資源由来粗リン酸から半導体製造に対応できる黄リンの製造が成功した。

[1] 大竹久夫・長坂徹也・松八重一代・黒田章夫・橋本光史「リン資源枯渇危機とはなにか」大阪大学出版会, 2011年. [2] 大竹久夫「イノベーション-高純度リン素材の生産力革新によるリン循環産業の創造-」 [3] European Commission, 2020. Critical raw materials resilience: charting a path towards greater security and sustainability (No. Document 52020DC0474). Brussels. [4] European Commission, 2017. On the 2017 list of Critical Raw Materials for the EU (No. Document 52017DC0490). Brussels. [5] European Commission, 2014. On the review of the list of critical raw materials for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative (No. Document 52014DC0297). Brussels. [6] Huafang Yu, Xin Lu, Takahiro Miki, Kazuyo Matsubae, Yasushi Sasaki, Tetsuya Nagasaka, Sustainable phosphorus supply by phosphorus recovery from steelmaking slag: a critical review, Resources, Conservation and Recycling, Volume 180, 2022.