

一生体必須元素・微量元素

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	57~71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	89~103	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

3~11族：“遷移元素”
それ以外の族は“典型元素”

遷移元素

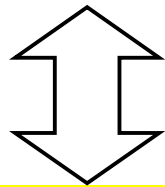
- 必須常量 (多量&少量) 元素
- 必須微量元素 (ヒト)
- 微量元素 (ヒト以外の必須元素を含む)

生物には金属も必要

物質の種類に応じた化学の分野わけ

有機物・・・炭水化物やタンパク質など **生物がつくる物質**

有機化学：生体構成元素(炭素を含む物質)の化学



昔の考え方

無機化学：非生体構成元素(≧金属)の化学

生命体の中の**無機**化学 ⇒ 生物無機化学

さまざまな分野との関わり

医療, 農業 (医学・薬学・農学)

化学工業 ⇔ 資源・エネルギー問題, 環境問題

金属イオンの生物学的作用(抜粋)

Na, K	浸透圧や電荷の調節(生理機能バランス)
Mg	タンパク質の構造維持, 加水分解
Ca	タンパク質の構造維持、電荷の調節
V	酸化, 窒素固定(アンモニア生成)
Mo	酸化, 窒素固定(アンモニア生成)
Mn	酸化, 酸素発生(光合成), 活性酸素無毒化
Fe	酸素運搬, 酸化, 電子移動, 窒素固定(アンモニア生成)
Co	アルキル基転移(ビタミンB ₁₂), 還元
Ni	水素活性化($H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$), 還元, 加水分解
Cu	酸素運搬, 酸化, 電子移動
Zn	加水分解, 脱水和(二酸化炭素 \rightleftharpoons 炭酸), 酸化(アルコール)

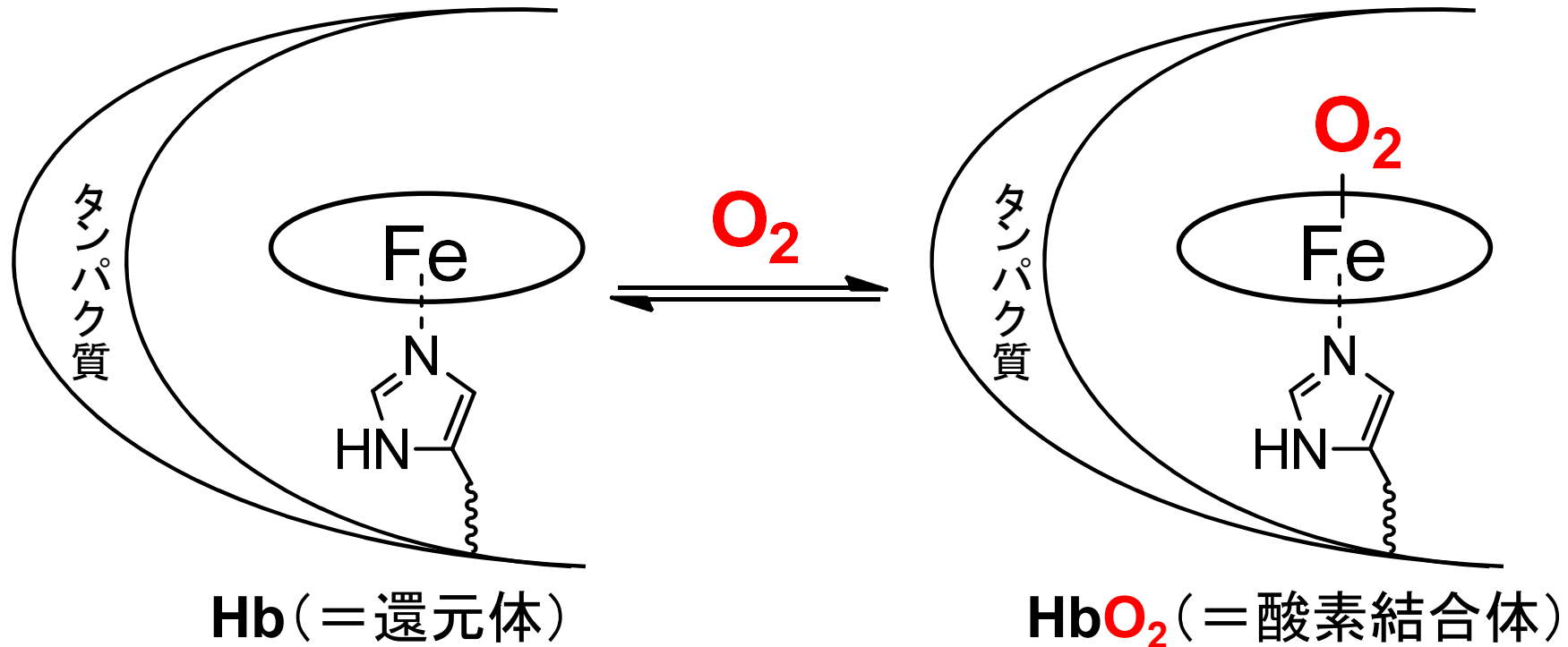
化学反応を加速する触媒(= 酵素)の“**心臓部**”

血液による酸素の運搬

酸素(O₂)・・・水への溶解度低い

酸素と結合するタンパク質(=呼吸色素) **運搬能力Up**

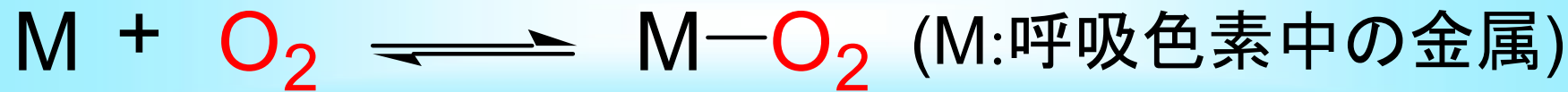
ヘモグロビン (脊椎動物の呼吸色素)



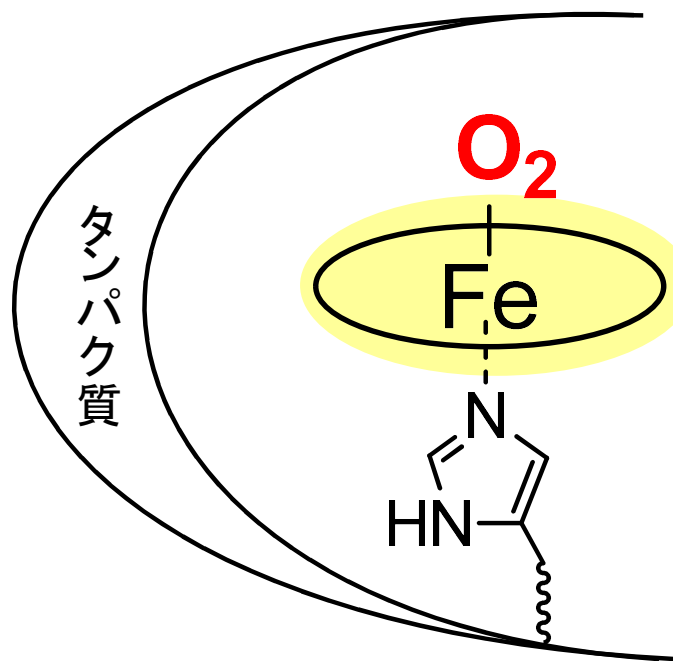
酸素の運搬



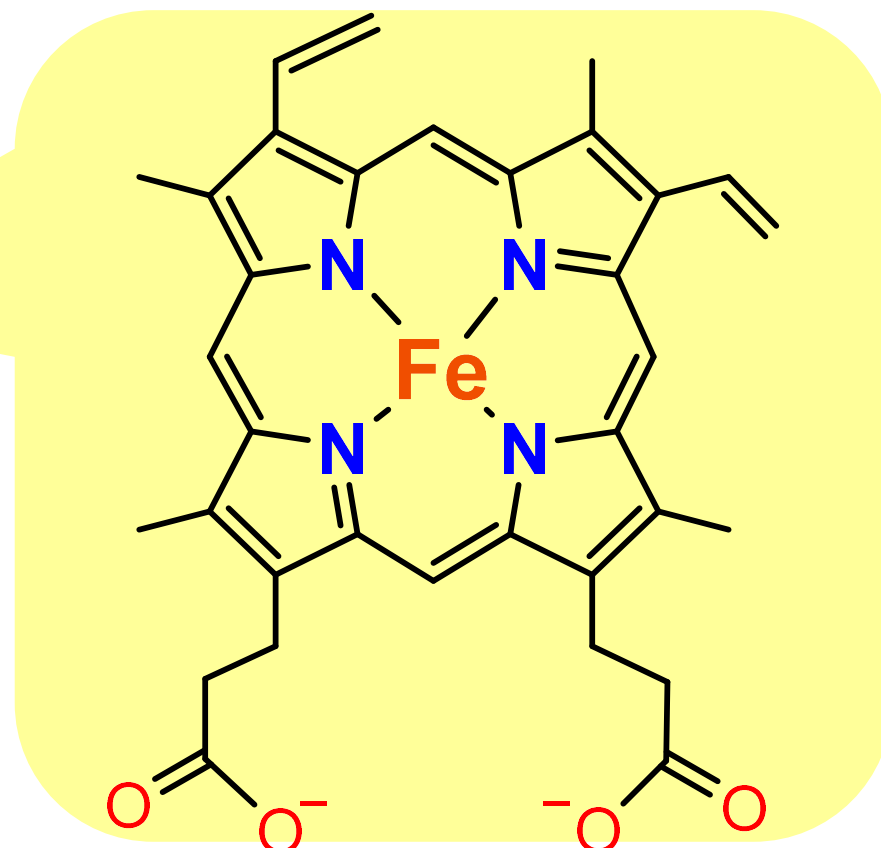
酸素の運搬



ヘモグロビンの酸素分子結合部位

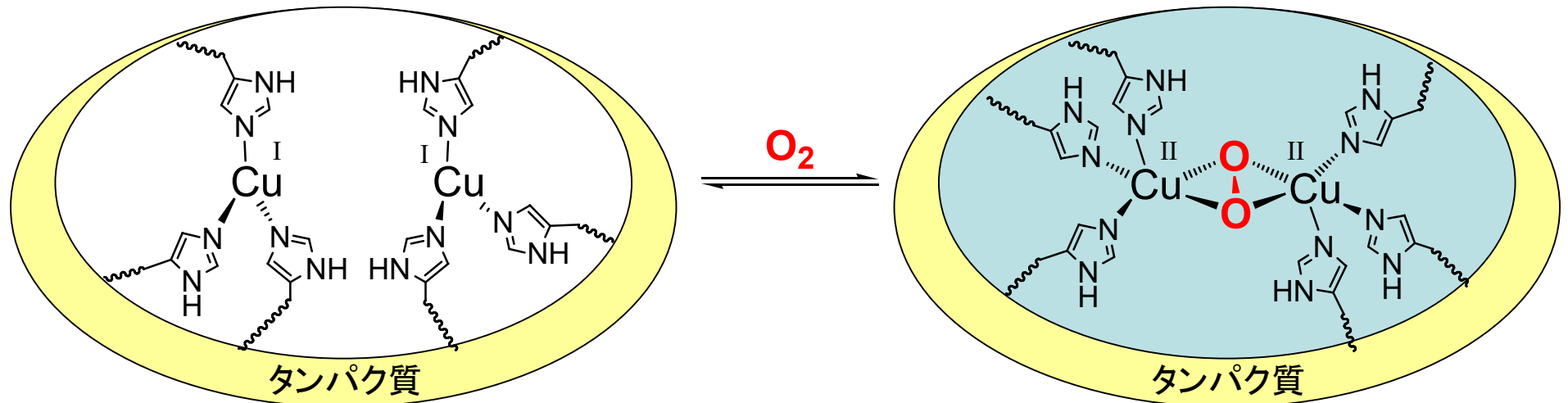


HbO_2
(=酸素結合体)



ヘム鉄 (ex. サプリメント)

ヘモシアニン（節足動物・軟体動物の呼吸色素）



ヘモシアニンの酸素分子結合部位：

アミノ酸(ヒスチジン)の末端(イミダゾール)-銅イオンの結合体

呼吸色素における金属(鉄・銅)：

有機物に金属イオンが結合した状態 = **金属錯体**

⇒ “金属の塊(=金属の単体)”とは異なる性質

例) 鉄の単体 + 酸素 \rightleftharpoons 酸化鉄(さび)

呼吸色素における金属(鉄・銅)：

有機物に金属イオンが結合した状態 = **金属錯体**

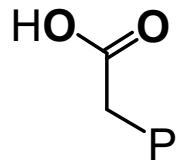
➡ “金属の塊(=金属の単体)”とは異なる性質

—生体内において金属イオンと結合する有機物—

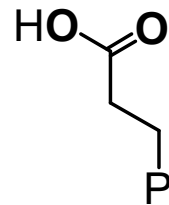
アミノ酸残基

O-ligand

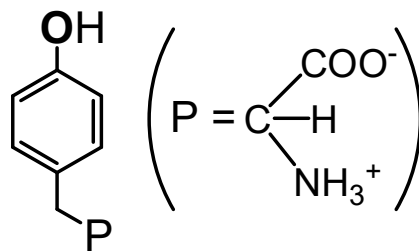
アスパラギン酸
(Asp)



グルタミン酸
(Glu)



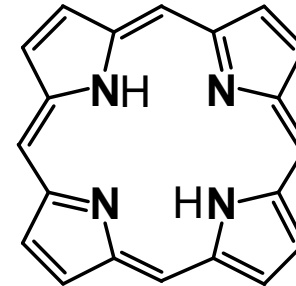
チロシン
(Tyr)



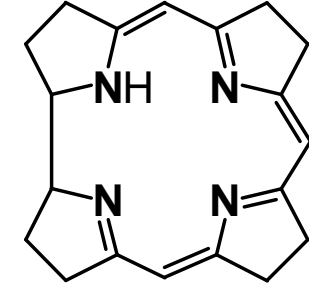
その他

N-ligand

ポルフィリン
(ヘム鉄)

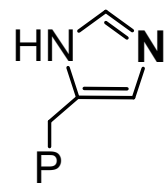


コリン
(ビタミンB₁₂ (Co))

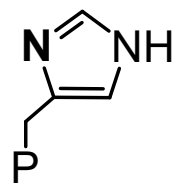


N-ligand

ヒスチジン
(His)



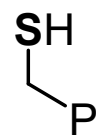
(ε-N form)



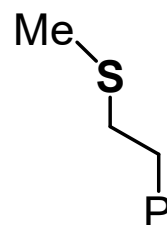
(δ-N form)

S-ligand

システイン
(Cys)

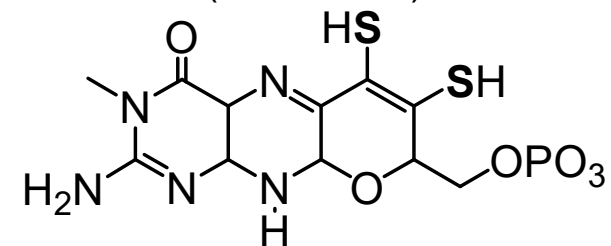


メチオニン
(Met)



S-ligand

プテリン
(Mo/W 酵素)



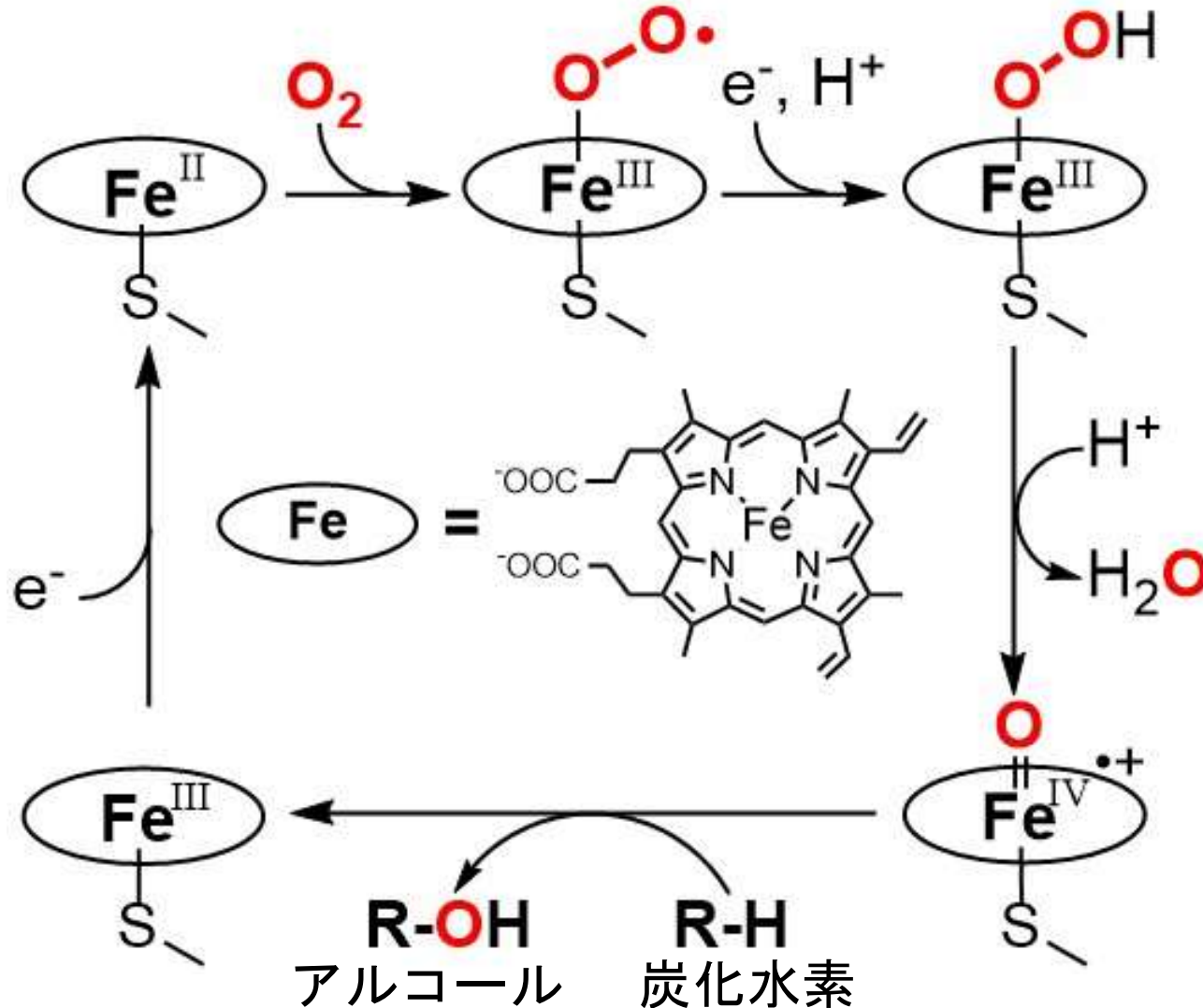
生体内における酸素と金属イオンの反応

- 酸素の運搬(血液)・貯蔵(筋肉) (Fe, Cu)
- エネルギー獲得
光合成(酸素発生: Mn)
呼吸 (Cytochrome C oxidase: Fe-Cu)
$$2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$$
- 活性酸素種の解毒
スーパーオキシドディスムターゼ (Mn, Fe, Ni, Cu-Zn)
$$2\text{O}_2^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$$

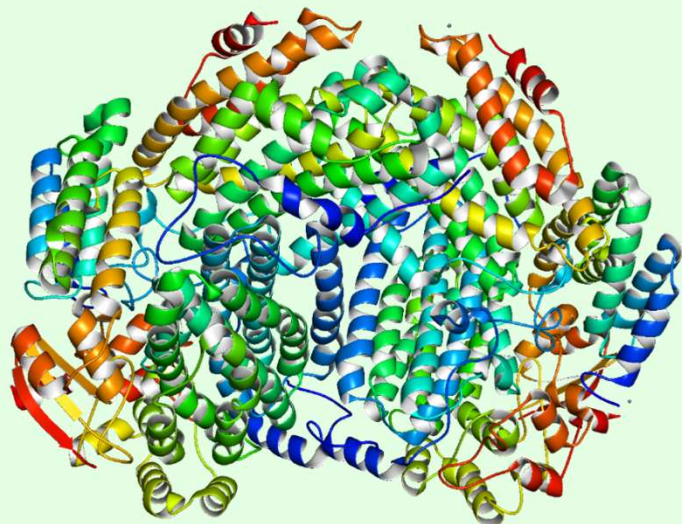
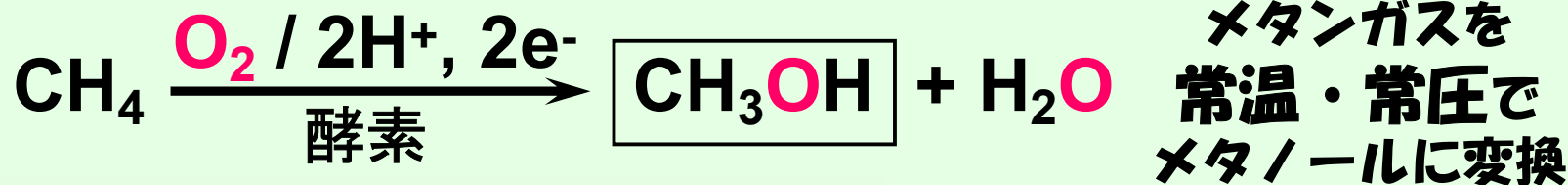
カタラーゼ (Mn, Fe)
$$2\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$$
- 物質代謝, 生理活性物質の生合成
(様々な化合物を酸化する触媒; **酸化酵素**)

生体内における酸素と金属イオンの反応

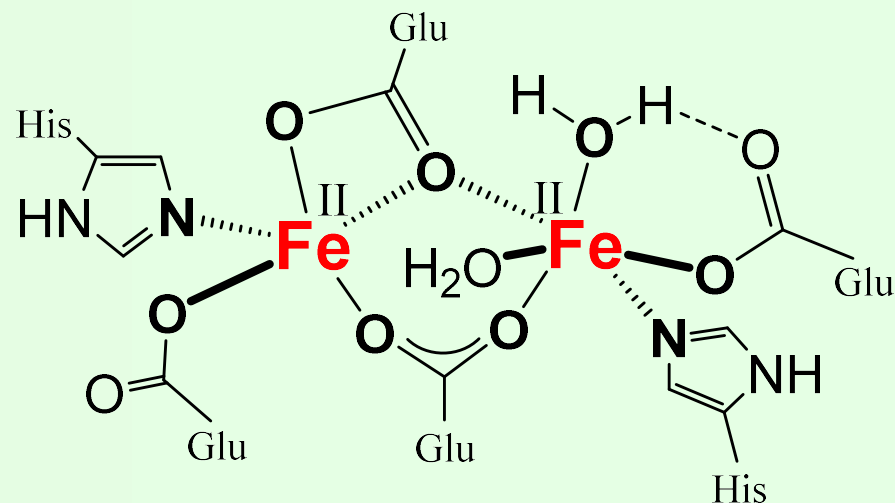
- 物質代謝, 生理活性物質の生合成
(様々な化合物を酸化する触媒; **酸化酵素**)



夢の反応は起こっている！



メタン水酸化酵素の分子構造
(PDB ID : 1MMO)



酸化反応が起こる部位
(触媒活性点)

—メタンからのメタノール合成(工業プロセス)—

