

鉄スケールの高温相変態過程のその場観察

新日鐵住金 大塚伸夫, 土井教史
日高康善, 東田泰斗
正木康浩, 水井直光

JASRI 佐藤眞直

本研究の目的

- ・時間分解能を高めた測定条件下でウスタイト変態過程をその場で観察する。
- ・ウスタイト変態挙動に関する知見を得る。

→ SPring-8実験

供試材、測定条件

TP寸法：20mmΦ 2mm厚

Beam line: BL19B2

加熱スケージ：Anton Paar DHS1100

二次元検出器：Piratus 2M

X ray energy: 28 keV

データ取り込み時間：30 s

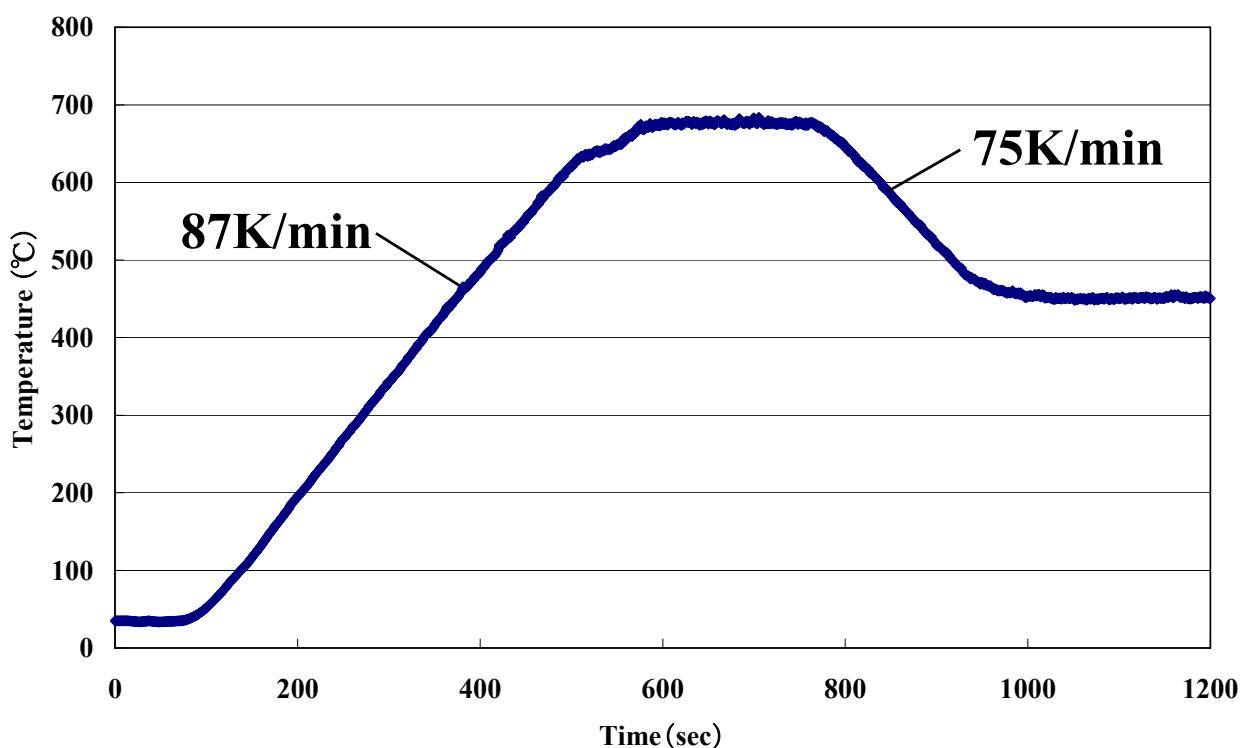
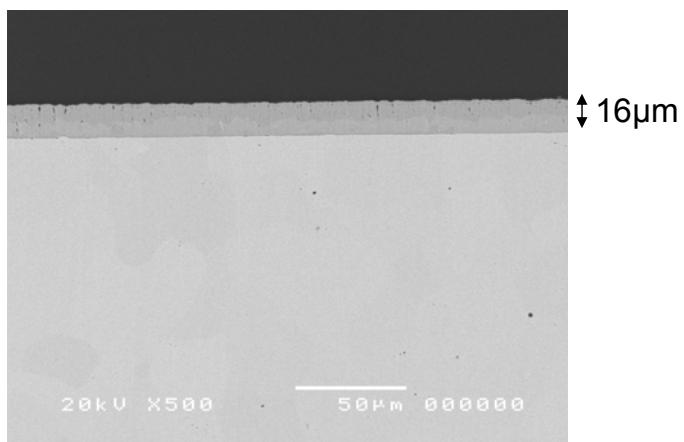
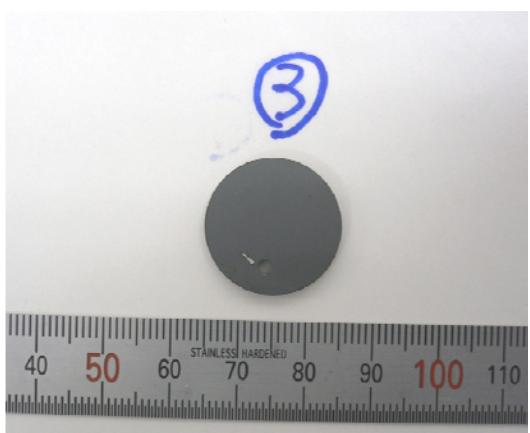


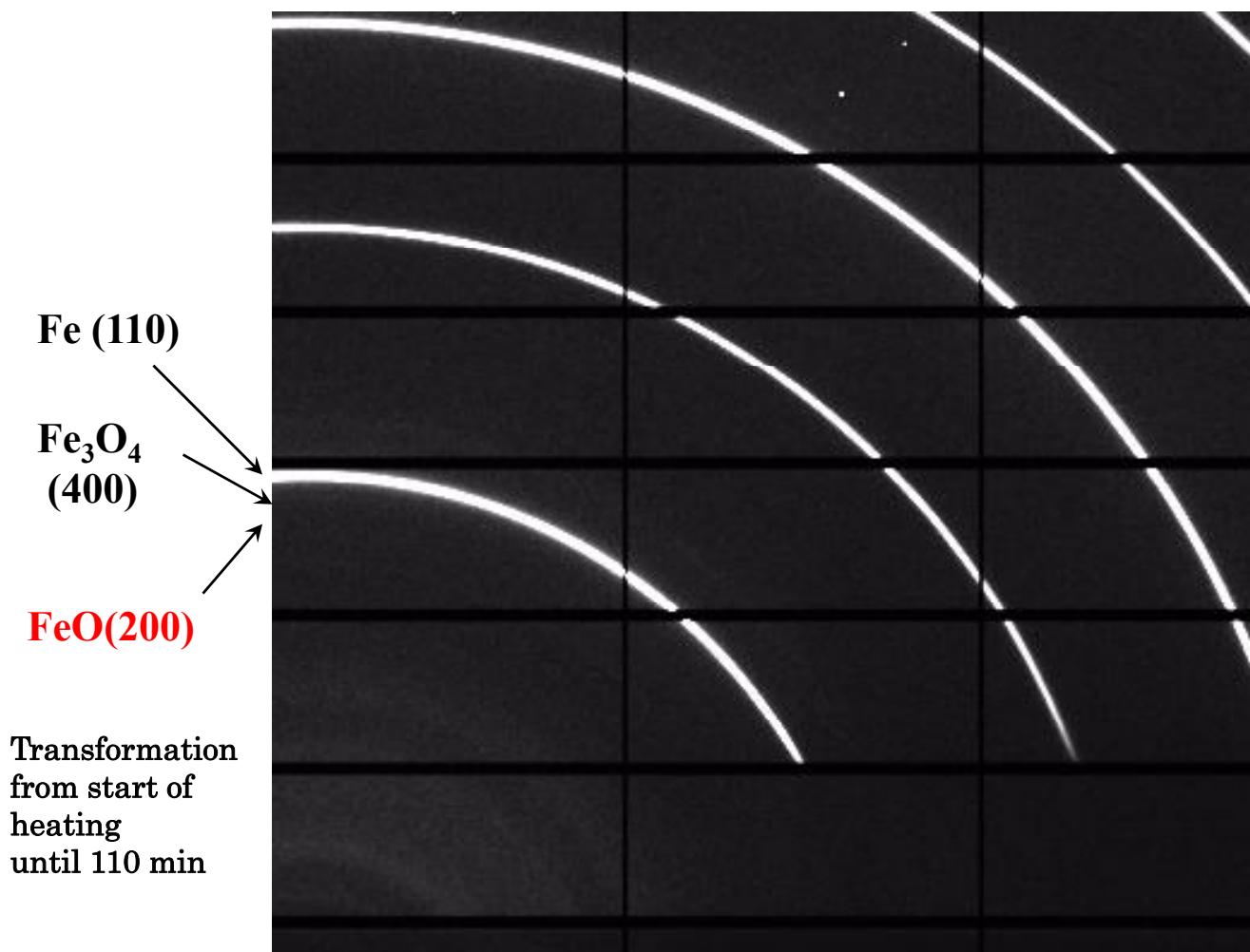
図2. 温度パターンの一例(③, F6 450°C)

スケール生成条件： 675° C 180s

恒温変態温度 : 400, 450, 500°C



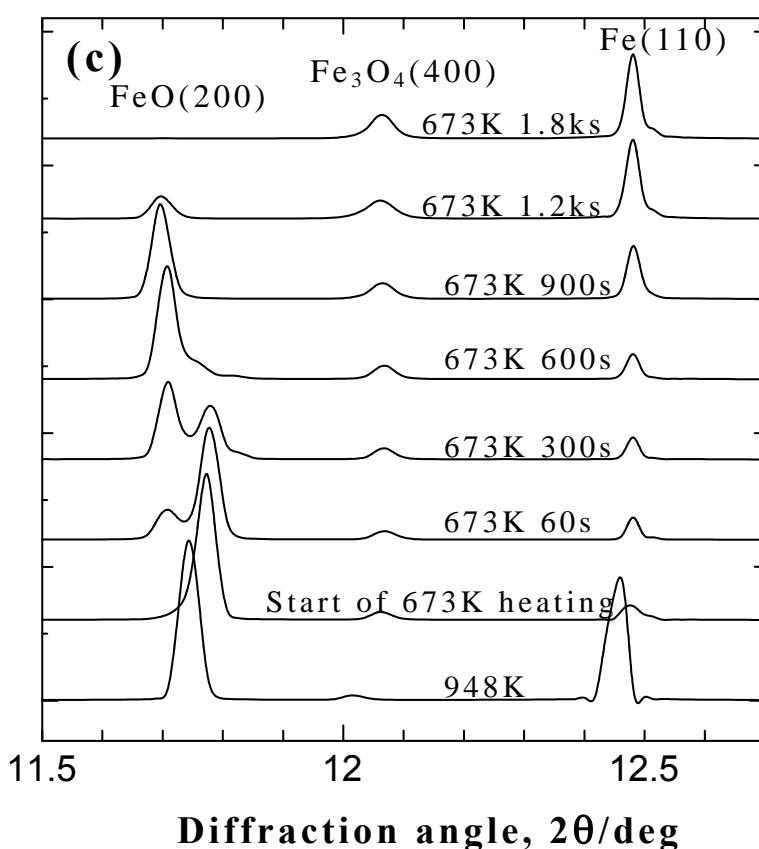
675° C 180 s加熱後 450°C 110 min加熱保持材
に生成した鉄スケール



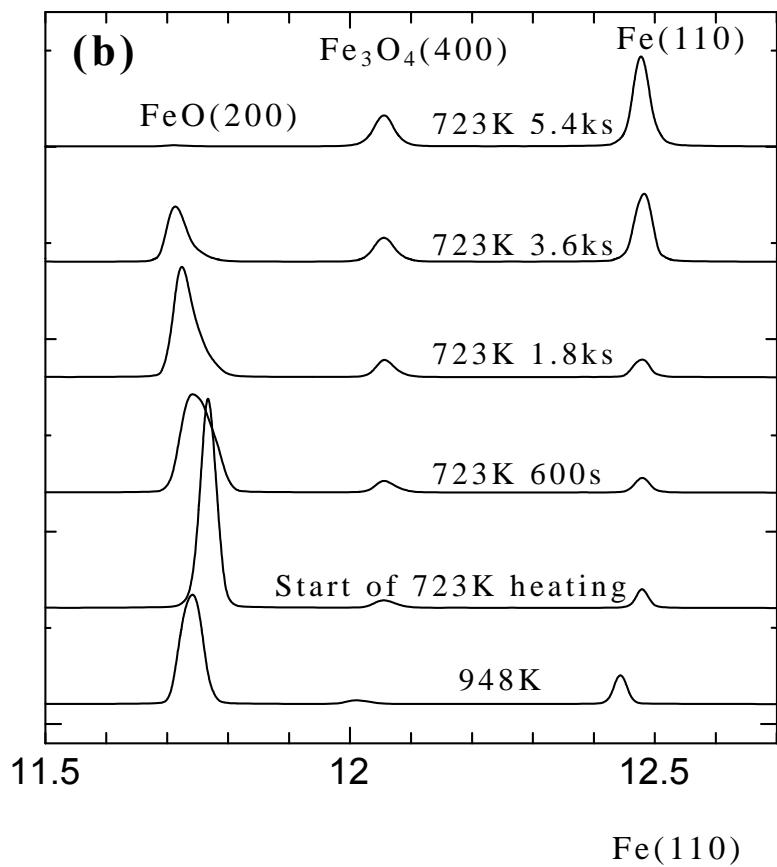
Diffraction rings of FeO(200), Fe₃O₄(400), and α-Fe(110) were cut out from the background by using the fit2d program.

The signal strength of each rings was integrated for the Ψ angle between 77.7 and 91.7 degrees

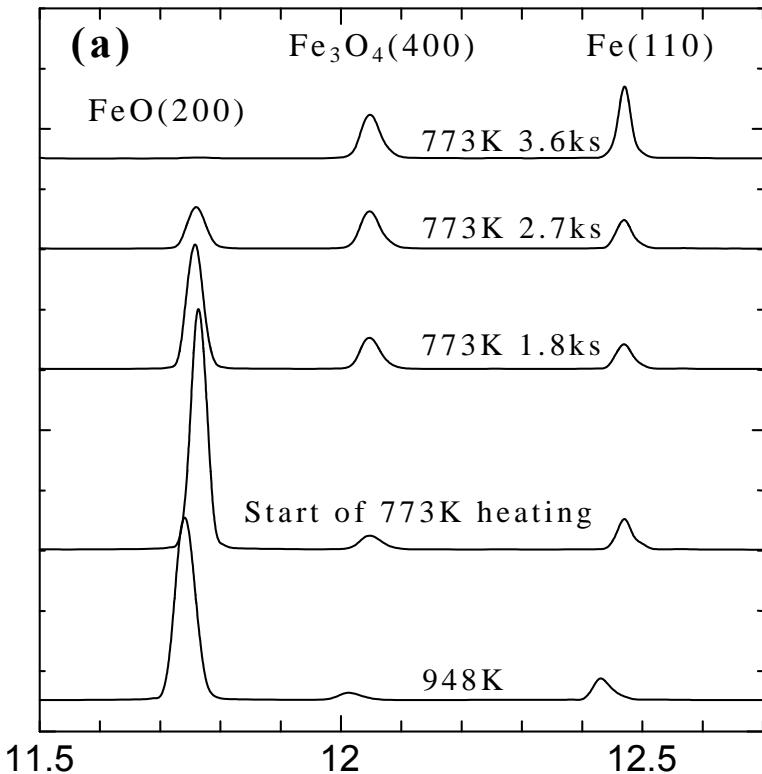
400° C 変態



450° C 変態



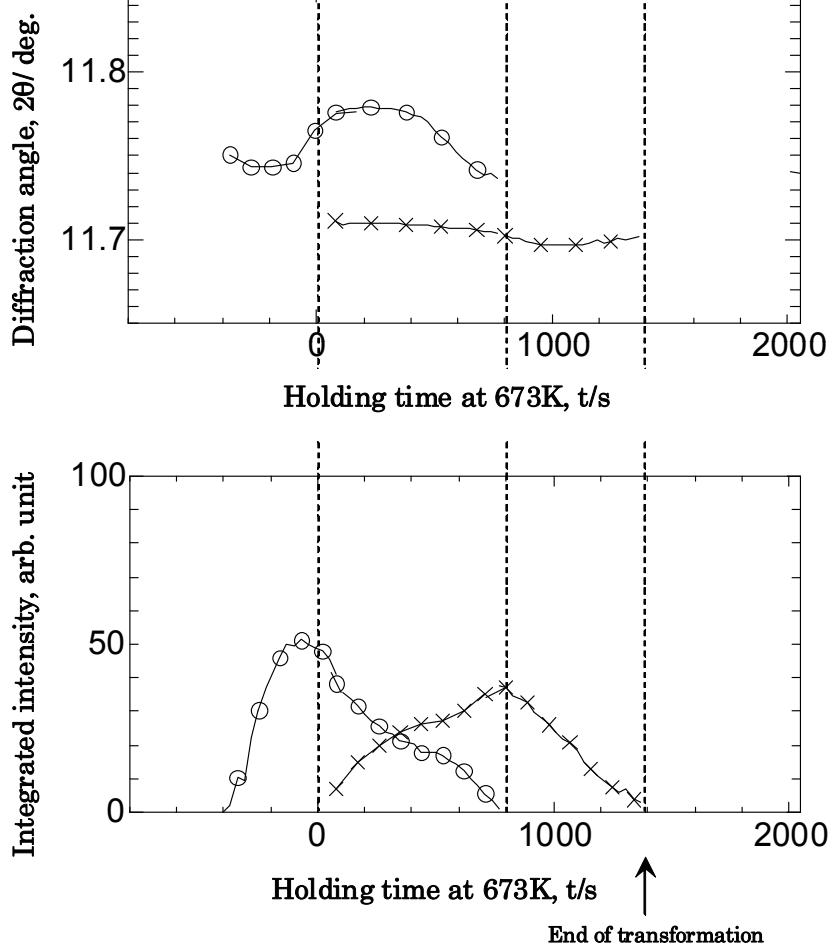
500° C 変態



400° C

変態

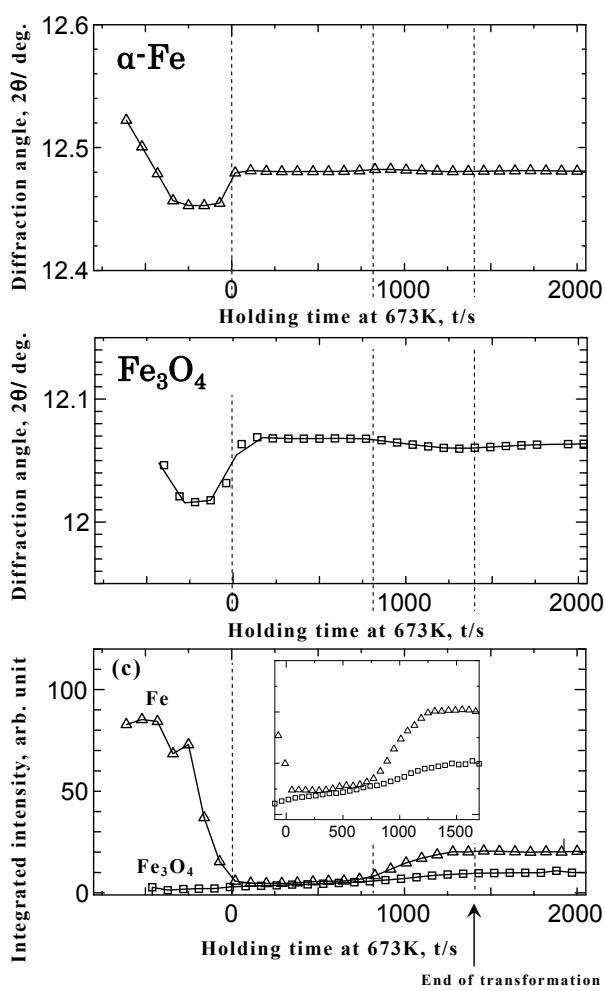
FeO (200)



400° C

変態

Fe(110) and
Fe₃O₄(400)

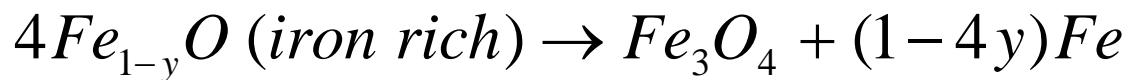
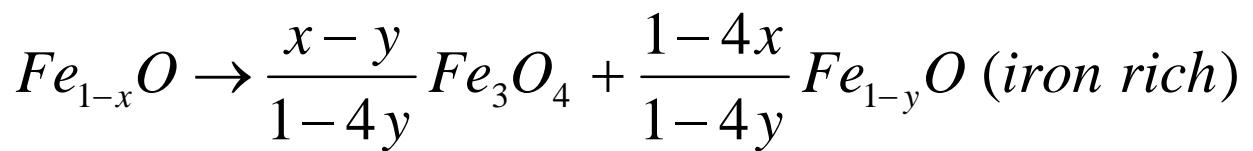


400°Cでの恒温変態

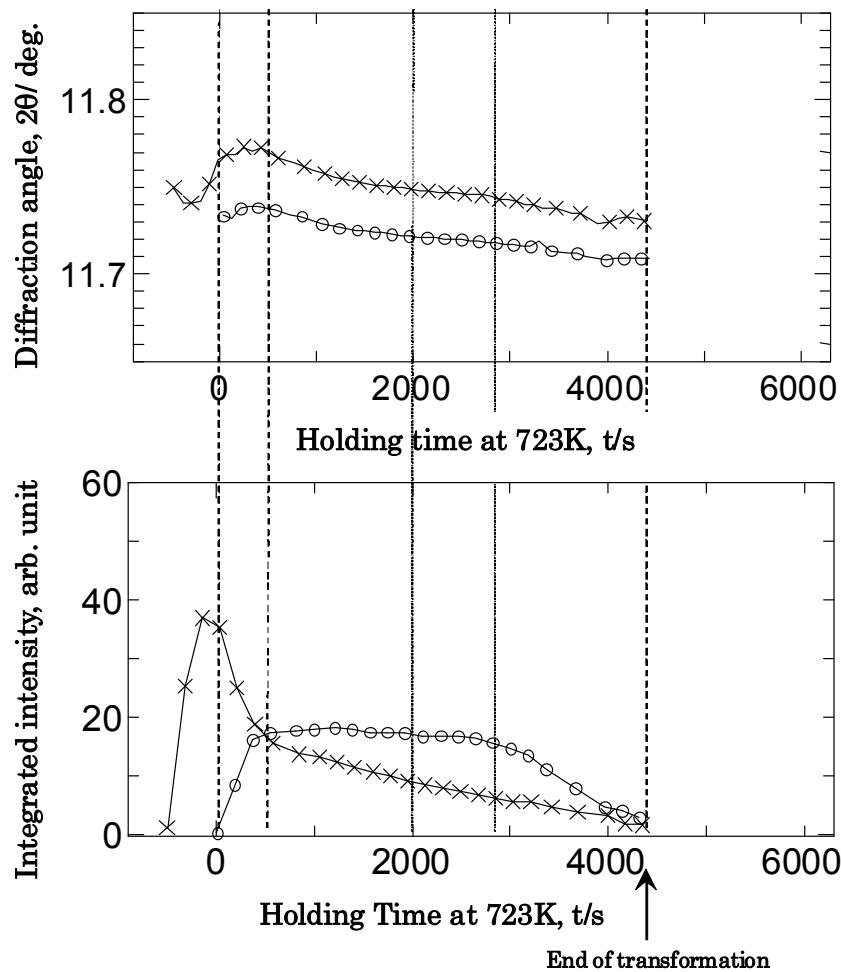
FeO母相からFe-richなFeOが新たに生成

Fe-richなFeOがFeO母相と完全に置き換わる。
この段階でFeは析出せず Fe_3O_4 のみ析出

Fe-richなFeOが変態してFeと Fe_3O_4 を析出



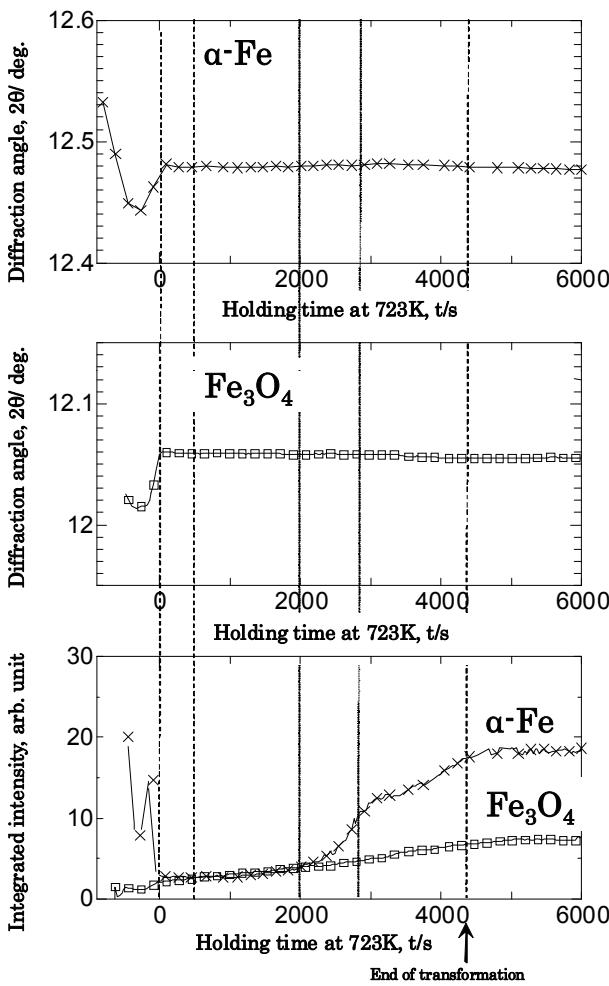
450° C
変態
FeO (200)



450° C

変態

Fe(110) and
Fe₃O₄(400)



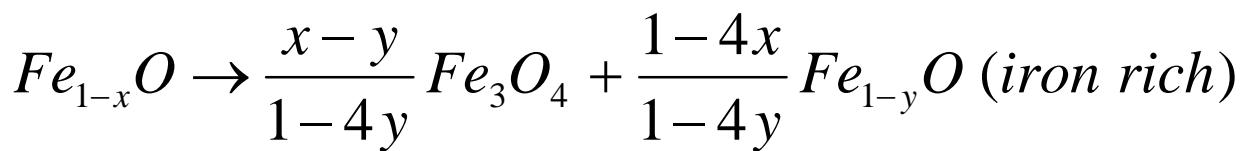
450°Cでの恒温変態

FeO母相からFe-richなFeOが新たに生成

Fe-richなFeOがFeO母相に一部置き換わる。
この段階ではFeは析出せずFe₃O₄のみ生成

その間Fe-richなFeOとFeO母相はともにFeを濃化

Fe-rich化したFeO母相とFe-rich FeOがともにFeとFe₃O₄を析出



$Fe_{1-x}O$ (parent wustite) + $Fe_{1-y}O$ (iron rich wustite)

$$= \frac{2a}{1-4x+4a} Fe_3O_4$$

$$+ \frac{1-4x-4a}{1-4x+4a} Fe_{1-x+a}O$$

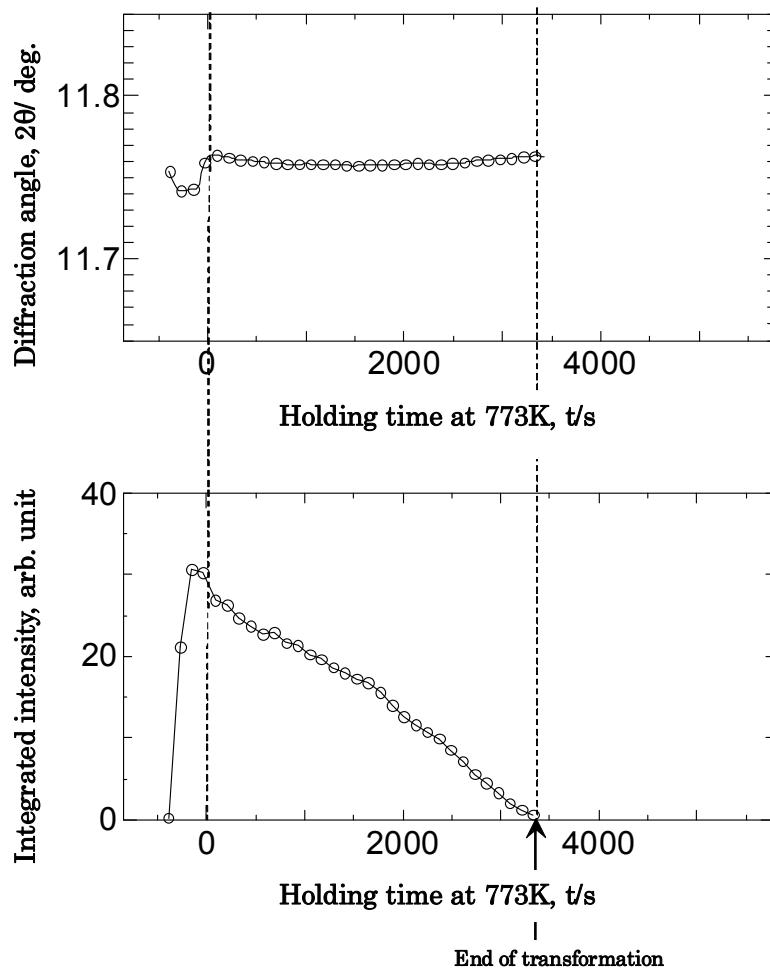
(iron enriched parent wustite)

+ $Fe_{1-y+a}O$ (iron enriched wustite)



500° C
変態

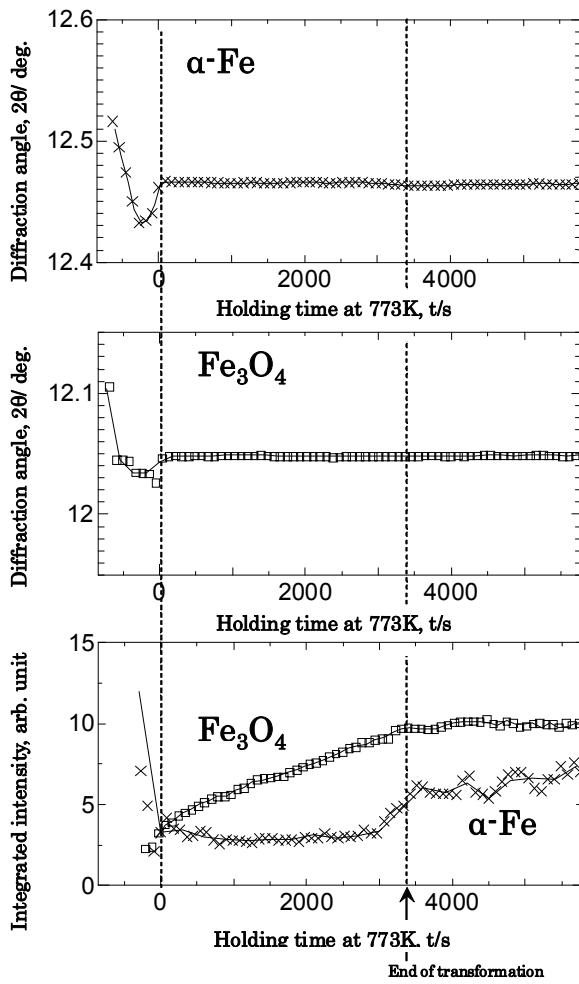
FeO
(200)



500° C

変態

Fe(110) and
Fe₃O₄(400)



500°Cでの恒温変態

FeO母相からFe-richなFeOは生成しない

FeO母相は淡々とFe₃O₄を排出。反応最終段階でFeが一気に析出する



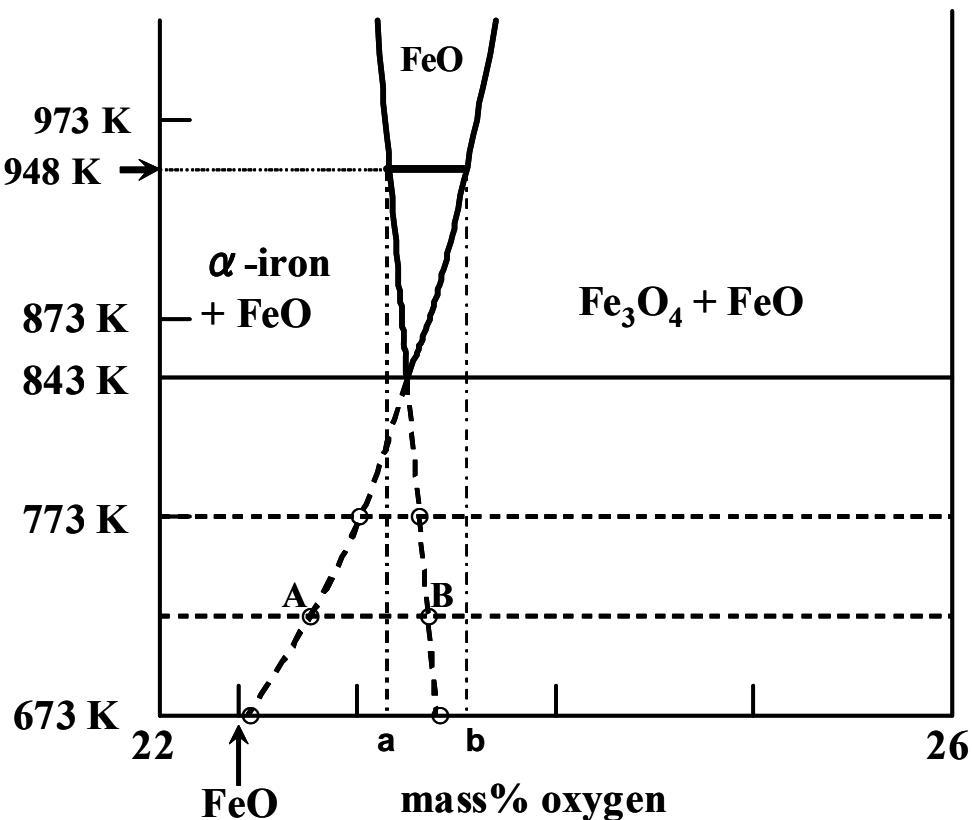
反応初期のFe：スケール中にメタルとして固溶？

中間まとめ

FeOからFeと Fe_3O_4 が同時析出する'ウスタイト変態'は400, 450°CではFeOがFe-rich化しないと開始しない。

'ウスタイト変態'の開始には潜伏期間が必要
(活性化工エネルギー要)

400, 450°CでなにゆえFe-rich FeOが生成？



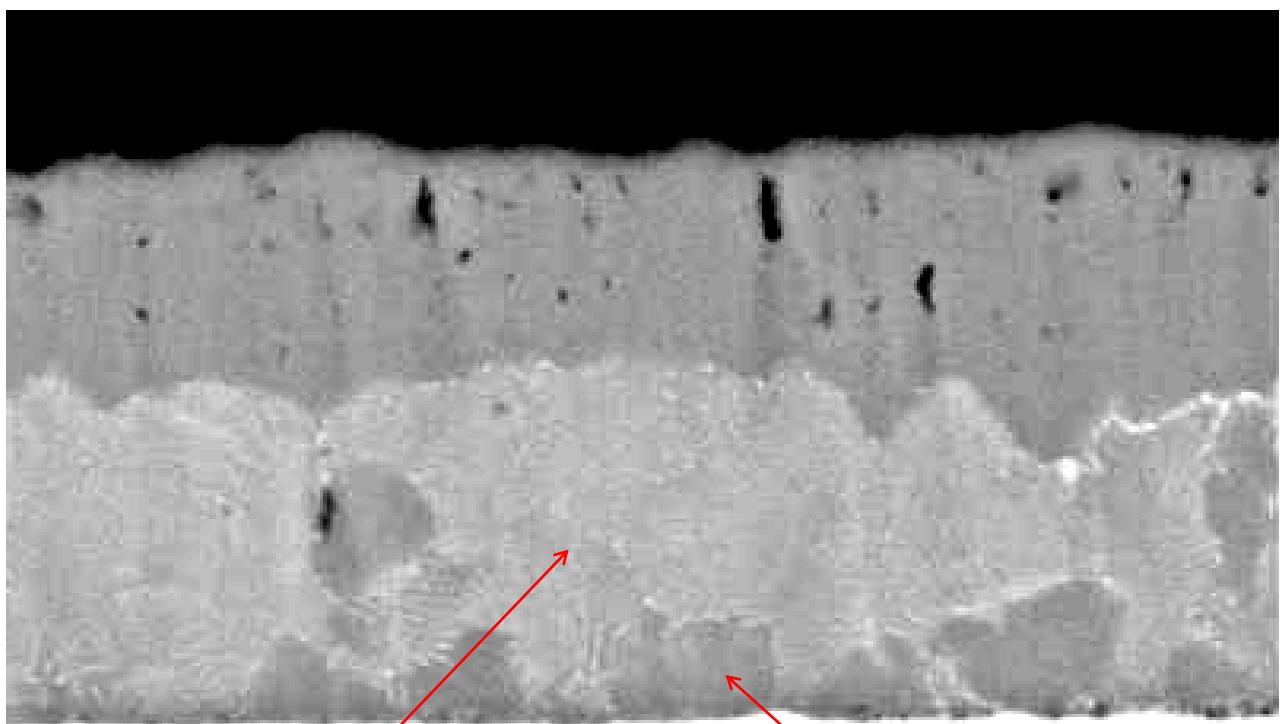
at 400 °C & 450 °C

Fe_3O_4 と接する FeO は Fe-rich な FeO 生成への
駆動力を活用して Fe-rich 化

地鉄と接する FeO も、本来 O-rich 側に移行
の方向だが、 Fe_3O_4 を吐き出すことで Fe-rich 化

at 500 °C

Fe-rich な FeO は生成せずに淡々と変態が進行

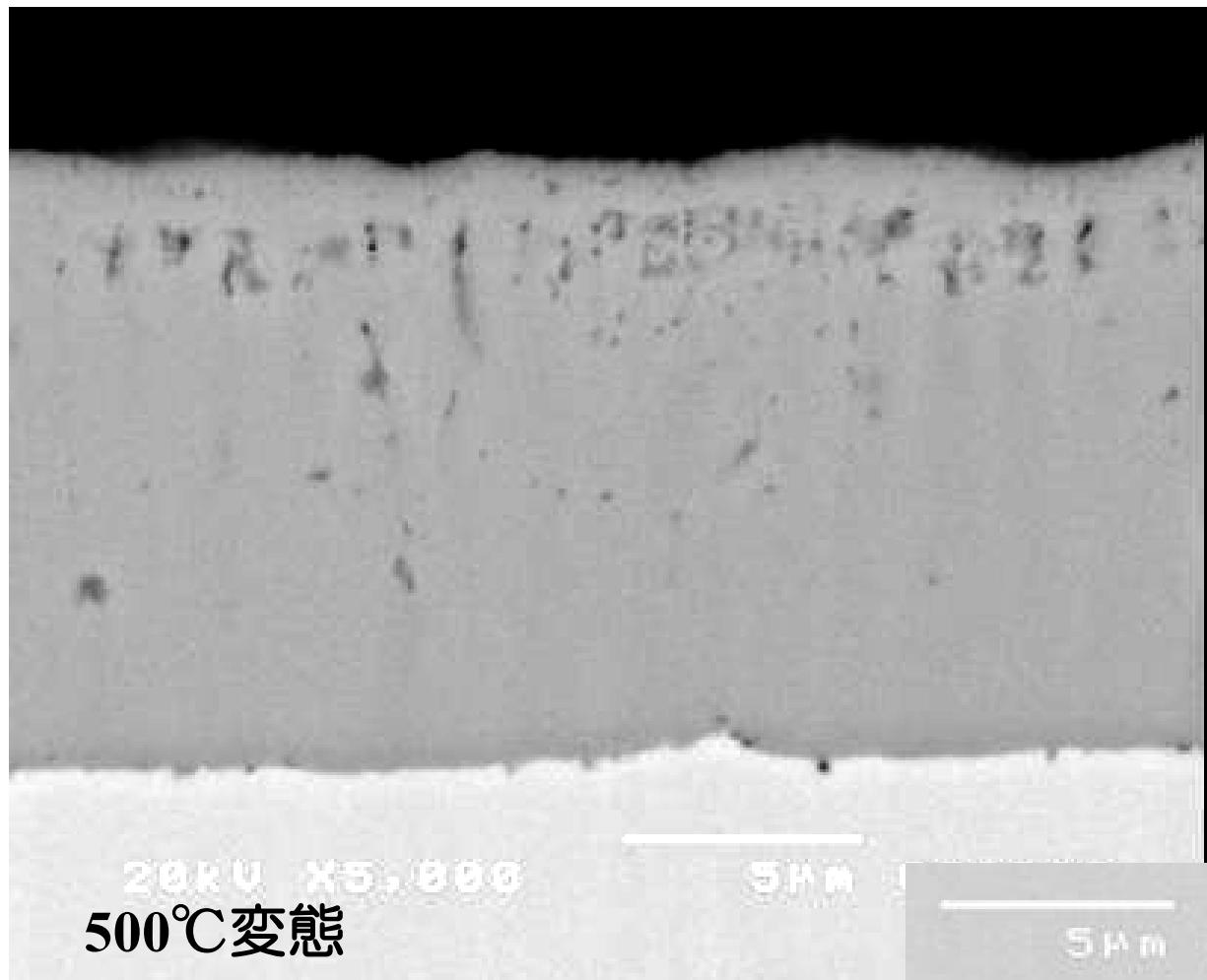
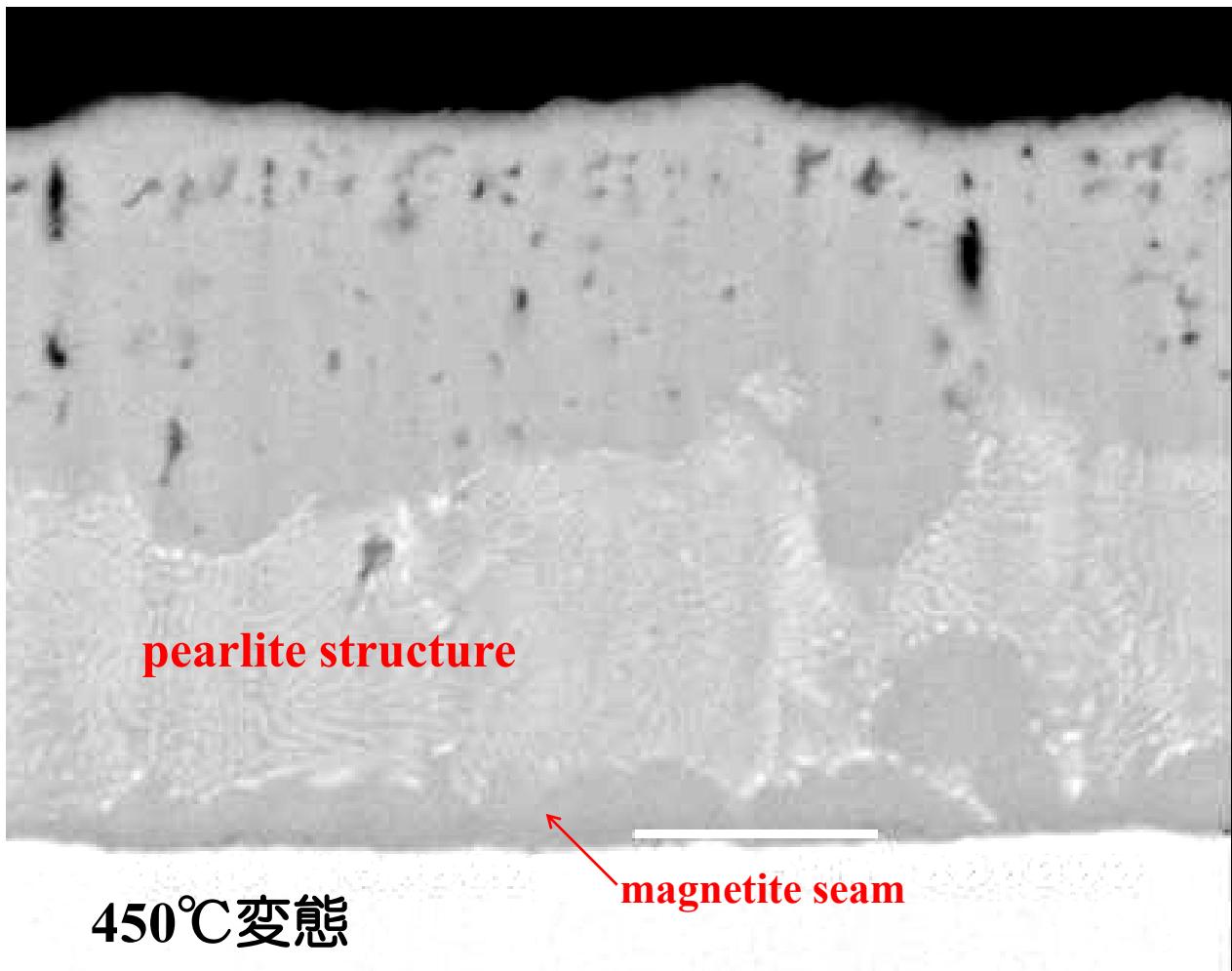


pearlite structure

magnetite seam

400°C変態





結言

magnetite seam & pearlite組織はFe-richなFeOが生成する条件でのみ形成する

FeOがFe-rich化しない場合にはmagnetite seamとpearlite組織とも顕著には認められない

magnetite seamはFeO母相のFe-rich化過程で形成, pearlite組織はFe析出過程で生成する

magnetite seamは反応初期に, pearlite組織は反応終期に形成する