

# リサイクルCFRPの力学特性に及ぼす 前処理の影響

*Influence of the pretreatment on the  
mechanical properties of recycled  
CFRP*

指導教員: 高橋 淳 助教授  
システム創成学科環境・エネルギーコース  
50739 安藤 翼

## 発表の流れ

- ◆研究背景・目的
- ◆実験
- ◆結果・考察
- ◆結論

## 研究背景－CFRPの特徴－

CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Plastics*)

- 軽くて強い。 比強度・比弾性率が優れている。
- 錆びない。 耐久性・耐食性が優れている。
- いろいろな形に成形できる。

高機能な超軽量材料



様々な材料と代替可能

## 研究背景－CFRPの用途－

[従来]

➤ 一部の特殊用途



航空機



F1

技術向上  
価格低下



[今後]

➤ 汎用的な用途



PC



スーツケース



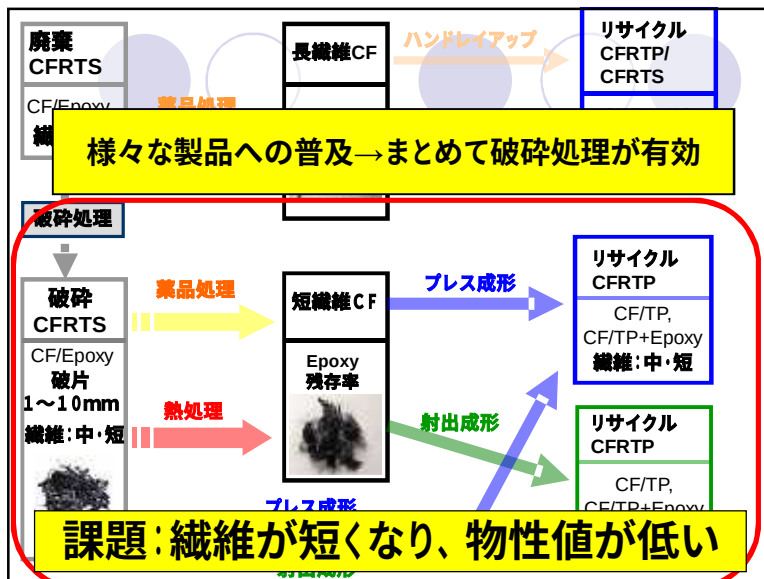
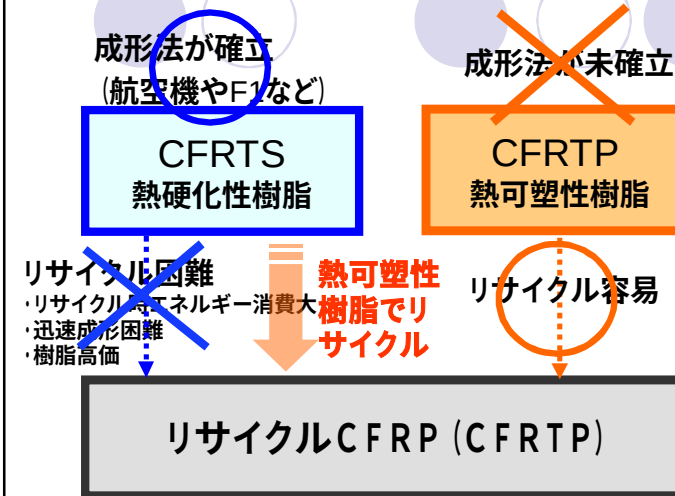
財布

## 研究背景－CFRPの課題－

- 高価である。  
鉄やアルミニウムに比べまだまだ高価な素材。
- 生産時のエネルギー消費が大きい。  
ライフサイクルを通した省エネ効果が低い。
- リサイクル体系が確立してない。  
CFRPはリサイクルが困難な材料である。  
生産量増加に伴い廃棄CFRPの処理も問題となる。

**リサイクルの確立が課題**

## CFRPのマテリアルリサイクル



## 本研究の目的

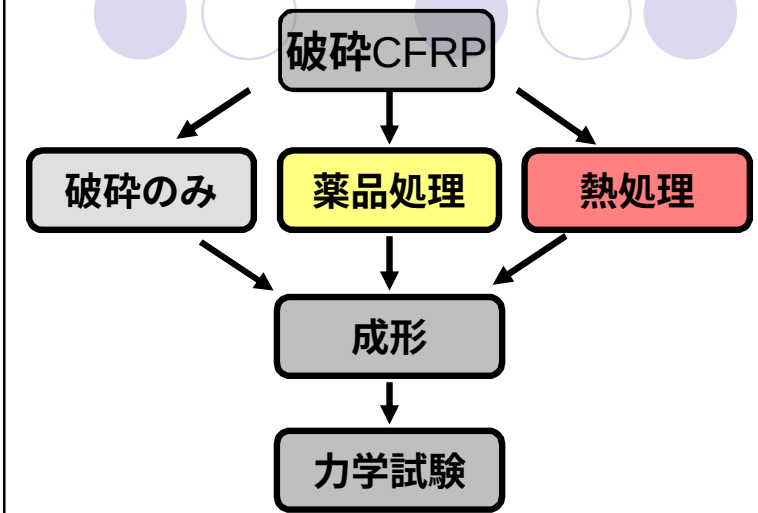
前処理法がCFRPリサイクル材の力学特性に及ぼす影響を評価する。

|       | 評価項目           |
|-------|----------------|
| 既往の研究 | 成形法、樹脂の種類、破碎方法 |
| 本研究   | 前処理            |

前処理方法は薬品処理、熱処理、破碎のみ、の3点を比較した。また、それぞれエポキシ樹脂除去率の違う処理条件を用意して、残存したエポキシ樹脂が力学特性に及ぼす影響を評価した。

実験  
—Experiment s—

実験の流れ



破碎のみ  
—Crushed CFRP—

前処理—Fresh CFと破碎のみ—

➤繊維の様子



Fresh CF  
6mm  
T700S

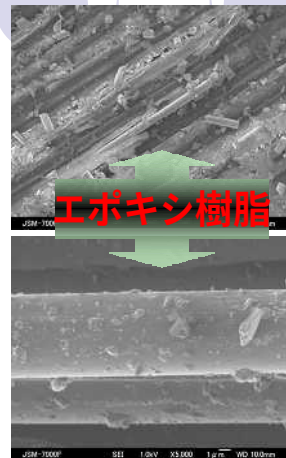


破碎CFRP  
1mm～15mm  
CF/Epoxy Vf60 %

# 繊維表面の観察 (SEM)



Fresh CF

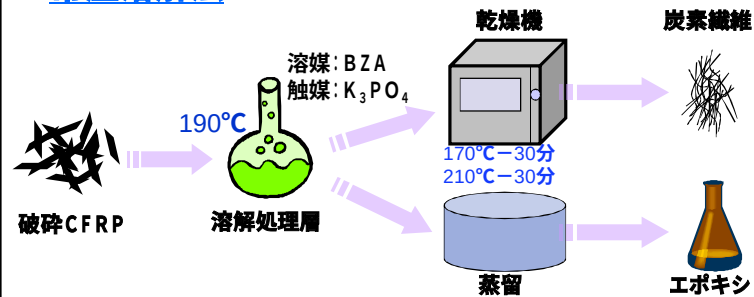


破碎CFRP

## 薬品処理 —Chemical Treatment—

### 前処理—薬品処理—

#### 常圧溶解法



- ◆ 繊維を傷つけずに長繊維のまま回収できる。
- ◆ 常圧下処理なので設備安価、連続運転も可能である。

### 前処理—薬品処理—

#### フラスコ実験

破碎CFRP200g  
処理時間 5, 15, 180分

目標樹脂溶解率50%, 100%



|          | 5分   | 15分   | 180分  |
|----------|------|-------|-------|
| 溶解前質量(g) |      | 200   |       |
| 溶解後質量(g) |      | 131.0 | 118.0 |
| 溶解率(%)   | 79.3 | 80.4  | 100.0 |

エポキシ残存

繊維だけ

## 前処理－薬品処理－

### ＞処理後の繊維



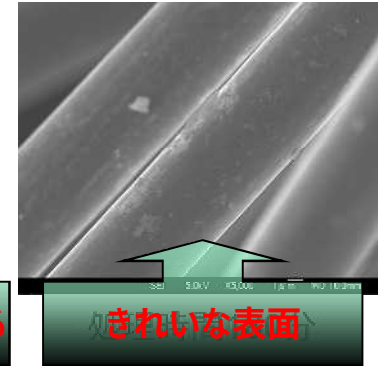
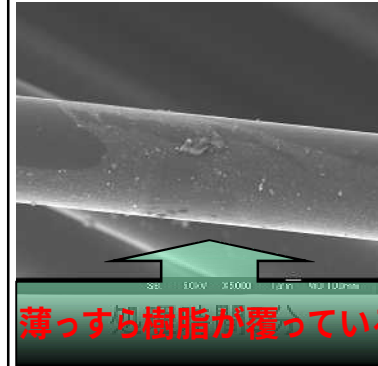
処理時間5分 (溶解率79%)



処理時間180分 (溶解率100%)

## 前処理－薬品処理－

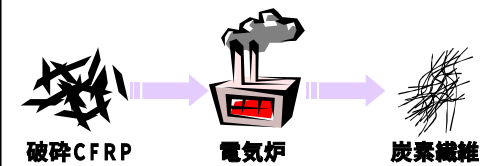
### ＞繊維表面の観察 (SEM)



## 熱処理 －Heat Treatment－

## 前処理－熱処理－

### ＞単純気相熱分解法



#### ○利点

- ・大量処理可能
- ・作業が比較的簡単

#### ×難点

- ・高コスト
- ・設備が大型

| 雰囲気  | 窒素        | 空気       |
|------|-----------|----------|
| 温度   | 500～1300℃ | 400～600℃ |
| 処理時間 | 1時間～      |          |

酸化作用

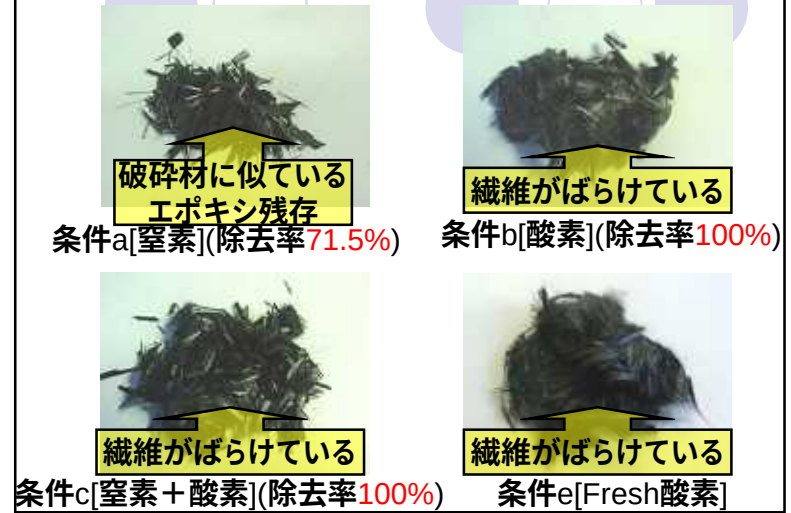
## 前処理－熱処理－

### ➤処理条件

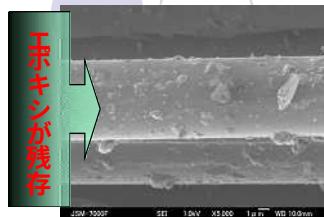
[窒素]or[酸素]or[窒素＋酸素]

|     | 雰囲気              | 処理温度      | 処理時間    |
|-----|------------------|-----------|---------|
| 条件a | 窒素               | 700℃      | 2時間     |
| 条件b | 酸素               | 500℃      | 2時間     |
| 条件c | 窒素 酸素            | 700℃ 500℃ | 2時間 2時間 |
| 条件d | 酸素が繊維に及ぼす影響を調べる。 |           |         |
| 条件e | (Fresh CF) 酸素    | 500℃      | 2時間     |

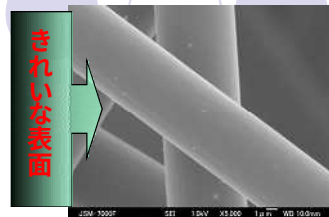
### ➤処理後の繊維



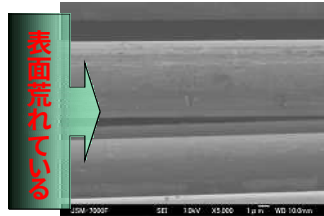
### ➤繊維表面の観察 (SEM)



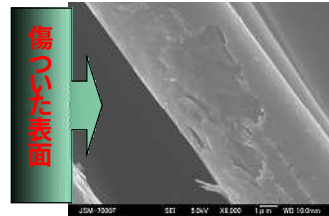
条件a[窒素]除去率71.5%



条件b[酸素]除去率100%

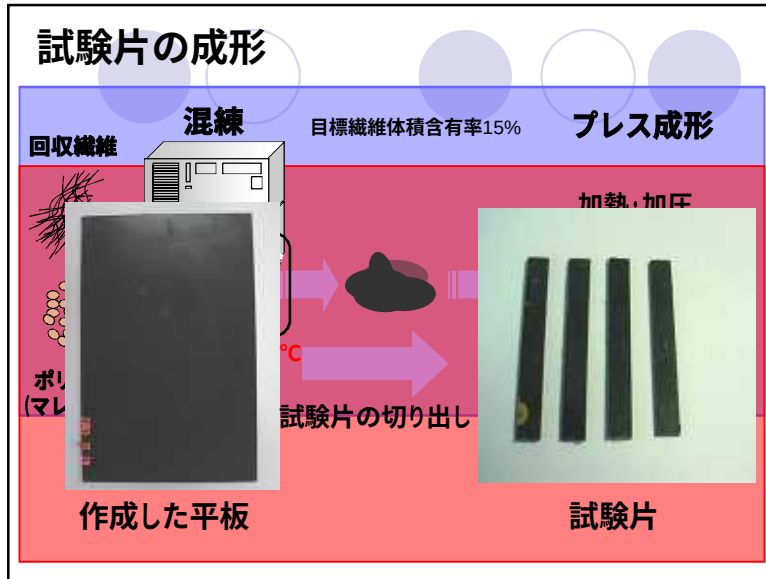


条件c[窒素＋酸素]除去率100%



条件e[酸素] (Fresh)

## 成形・試験 —Fabrication and Mechanical Tests—



### 試験

#### >3点曲げ試験

- 曲げ弾性率
- 曲げ強度
- 曲げひずみ



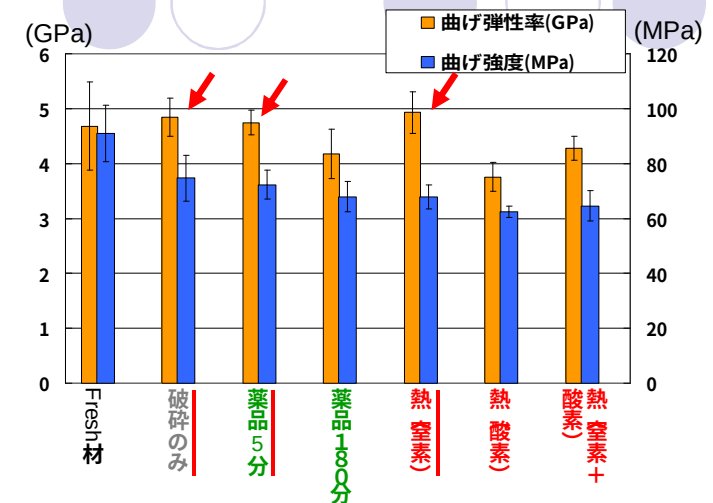
#### >アイゾッド衝撃吸収試験

- アイゾッド衝撃吸収値



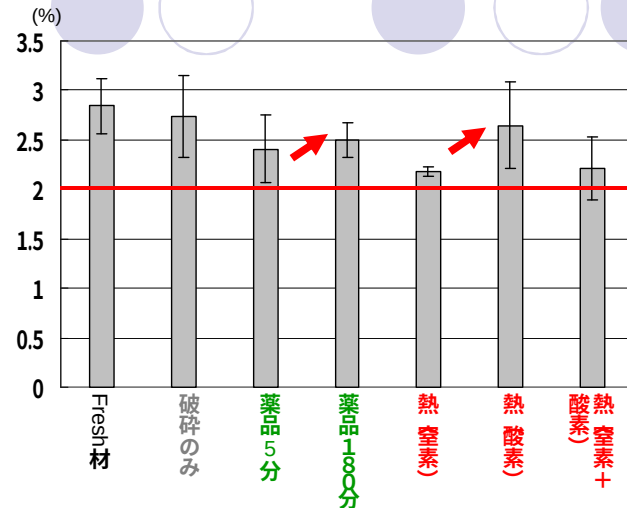
### 試験結果・考察 —Results & Discussion—

### 試験結果—曲げ弾性率、曲げ強度—





## 試験結果－曲げひずみ－

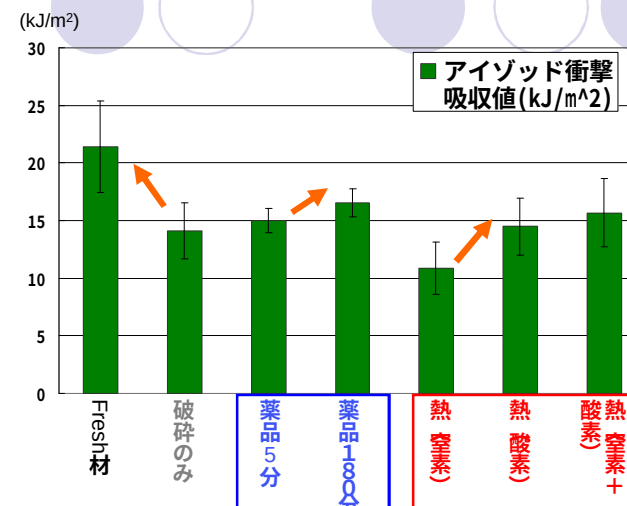


## 考察－曲げ試験－

|           | Fresh材 | 破碎のみ | 薬品5分 | 薬品180分 | 熱(窒素) | 熱(酸素) | 熱(窒素+酸素) |
|-----------|--------|------|------|--------|-------|-------|----------|
| 実際の Vf(%) | 11.5   | 11.3 | 11.6 | 12.0   | 13.4  | 12.4  | 13.3     |

- 弾性率は残存エポキシ樹脂がある方が高い値を示した。  
エポキシ樹脂が繊維を束ねて部分的に一方向材の特徴を示したことが考えられる。Vfの影響で熱(窒素)が特に高い。
- 曲げ強度はあまり差はなく、Freshの75%ほどの値を示した。繊維が傷ついてないためVfに劣る薬品処理の方が熱処理より高い強度を示した。
- 曲げひずみはどれも2%以上を示した。しっかり解繊されている方が曲げひずみが高い。  
エポキシの塊に沿って破断が始まるのが原因した。

## 試験結果－アイゾッド衝撃吸収値－



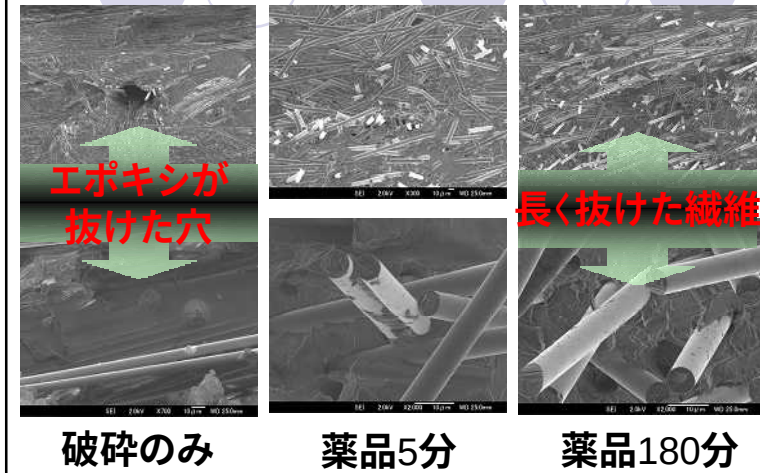
## 考察－衝撃試験－

- 衝撃吸収値はエポキシ樹脂が残存している方が低かった。  
→ 衝撃吸収値は繊維が樹脂から抜ける、切れるエネルギーの総和に等しい。エポキシとPPの接着が弱い、接着面積が小さいことでエポキシの塊がすっぽり抜けることが原因と考えられる。
- 薬品処理の衝撃吸収値は熱処理より高く、安定している。  
→ 繊維長、繊維の状態の違いが原因と考えられる。(繊維長の観察)

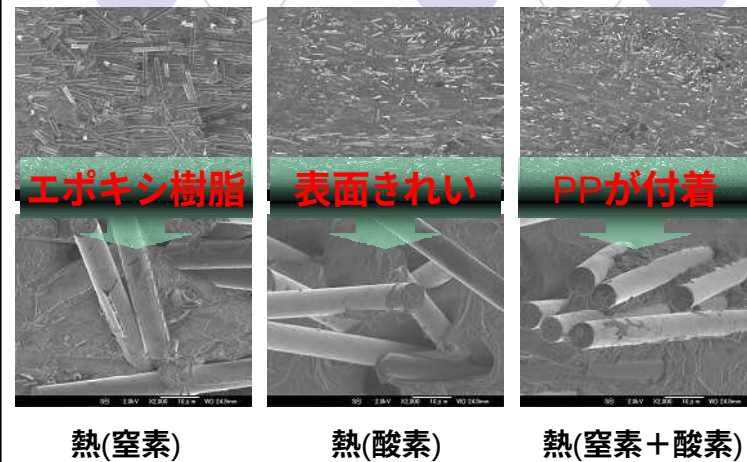


分析  
—破断面観察、繊維長観察—

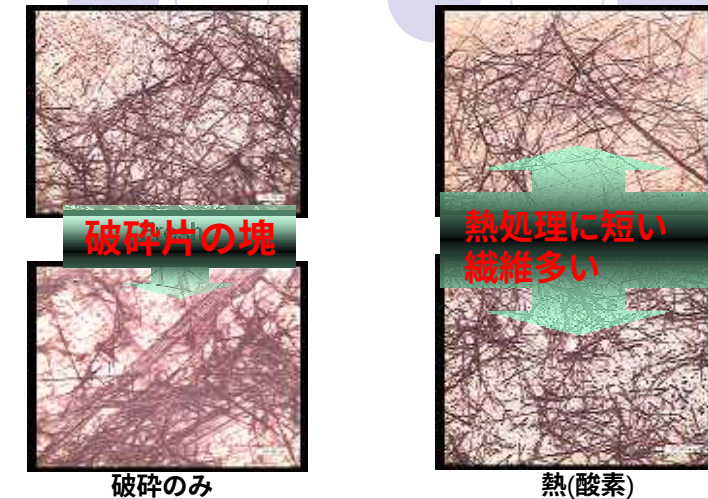
破断面観察 (SEM) —破砕のみ、薬品—



破断面観察 (SEM) —熱—



分析—繊維長の観察 (レーザー顕微鏡)—



## 結論 —Conclusions—

### 結論1

➤ どの処理法においても残存するエポキシ樹脂の量が力学特性を左右する。

エポキシ樹脂が残存していると剛性が強化されるが、衝撃吸収値が低下する結果を得た。

➤ 薬品処理は繊維長を保ったまま、超短時間でエポキシ樹脂除去が可能である。

力学特性では衝撃吸収値、バランスの面で熱処理より優位であった。長繊維の回収、高い性能が要求されるなら薬品処理が適していると考えられる。

➤ 熱処理は繊維を傷つけることで繊維と樹脂の接着性が上がった。

今後更なる検討が必要である。

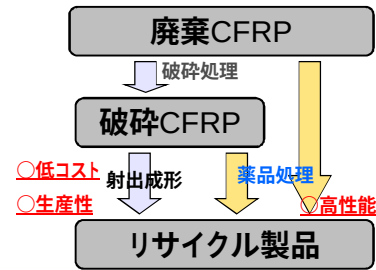
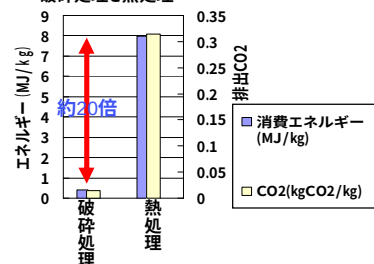
### 結論2

➤ 破碎処理のみでも極端な力学特性の低下はない。

破碎CFRPのリサイクルにおいては、前処理の有無で力学特性が劇的に変わることはないことが知見として得られた。リサイクルスピード、コスト、環境負荷の面では破碎処理のみでのリサイクルが望まれる。

処理時の消費エネルギーとCO<sub>2</sub>排出量

—破碎処理と熱処理—



Fin.