

## 課題情報シート

テーマ名 :	MDF を用いた耐力壁の面内せん断性能に関する研究				
担当指導員名 :	藤村 悦生	実施年度 :	25 年度		
施設名 :	近畿職業能力開発大学校				
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	建築施工システム技術科		
課題の区分 :	開発課題	学生数 :	3	時間 :	26 単位 (468h)

### 課題制作・開発のポイント

#### 【開発（制作）のポイント】

「木造住宅用耐力壁の性能」としての、必要な条件を洗い出し、定義化することが求められます。木造住宅の安全に直接影響することから、社会的認知を得ることが必要であり研究のまとめ方が求められます。

#### 【訓練（指導）のポイント】

木造住宅の耐震技術開発であるため、あらゆるスキル（ヒューマンスキル・テクニカルスキル・コンセプチュアルスキル）が求められます。これらの能力を常に意識させた指導が必要です。また、企業・事業主団体との共同研究であるため、事業主との接触も多く、社会人としての自覚を問われます。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 近畿職業能力開発大学校  
住所 : 〒596-0103 大阪府岸和田市稲葉町 1778 学務課  
電話番号 : 072-489-2112  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/osaka/college/>

### 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# MDF を用いた耐力壁の面内せん断性能 ～ MDF 耐震壁の性能確認と性能保証仕様 ～

建築施工システム技術科  
指導教員

船木裕之, 藤村悦生

木質繊維を原料とする成型板の一種である中密度繊維板(略称 MDF)を面材として用いた耐力壁を木造建物に使用するための研究を 2011 年より進めてきた。これまでは、軸組工法における大壁・真壁仕様耐力壁の実験・分析を行い性能を確認するとともに、性能を担保するメカニズムについての理論構築を行ってきた。本年度は、枠組工法における枠組壁仕様耐力壁の研究を行うとともに前年度までの研究成果を深く分析・検証し、MDF 耐力壁の面内せん断耐力性能を確保する仕様を構築した。以下、MDF 耐力壁の面内せん断耐力について報告する。

**Keywords** : MDF, 面材耐力壁, 壁倍率, 釘, ホクシン株式会社。

## 1. 緒言

本研究は、構造用合板の代わりに MDF を広く面材耐力壁として使用できるよう建築基準法告示に追記されることを目標に、ホクシン株式会社との共同研究テーマとして 2011 年より研究を進めてきた。

2011 年度は軸組工法における大壁仕様耐力壁、2012 年度は軸組み工法における真壁仕様耐力壁の実験・分析を行い、それぞれの性能を確認するとともに、性能を担保するメカニズムについての理論構築を行ってきた。

本年度は、枠組工法における枠組壁仕様耐力壁の研究を行うとともに前年度までの研究成果を深く分析・検証し、MDF 耐力壁の面内せん断耐力性能を確保する仕様を構築した。以下、本研究成果を報告する。

## 2. 試験概要

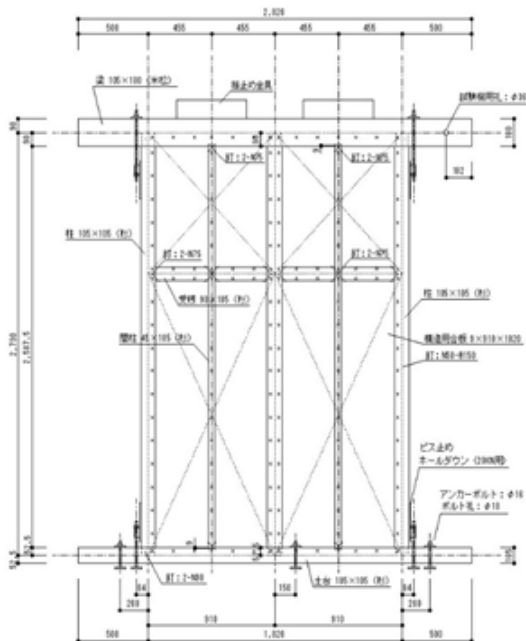


図1 試験体軸組図

試験方法は、柱脚固定式の鉛直構面内せん断試験とした。最初に、大破し耐震能力を失う時点(変形角

1/15rad 時あるいは最大耐力の 8 割低下時と定義)までの荷重変位関係を記録する。

また、試験体の仕様は、建築基準法施行令第 46 条第 4 項表 1 (八) に準じて構成した面材張り耐力壁仕様を標準とし、研究の進展に伴い随時変更を加えることとした。特に耐力に影響する釘は、CN50 釘を外周に @100・中通に @200 で施工した。さらに、試験条件ごとに 3 体同一仕様の試験体を作成して実験した。

## 3. 評価方法

日本建築センター・日本建築総合試験場・日本住宅・木材技術センター等が示す耐力壁性能評価基準に準拠した手法により、壁倍率で評価する。以下、本評価法について詳述する。

### ①P120

木造構造体における降伏点と一般的に定義されている 1/120rad 変形時の耐力

### ②2/3Pmax

最大耐力の 2/3 の値

### ③0.2Pu/Ds

エネルギー一定則により構造部材の靱性を評価して算定された構造特性係数(Ds)及び最大耐力Puから大地震時の支持耐力を計算。求めた支持耐力を短期許容耐力に読み替える。

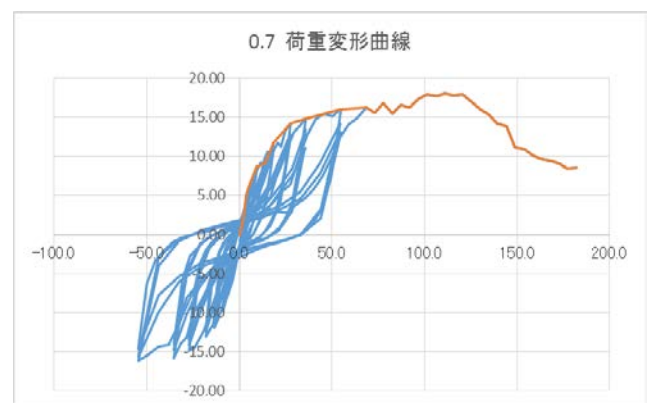


図2 荷重変形曲線とスケルトンカーブ

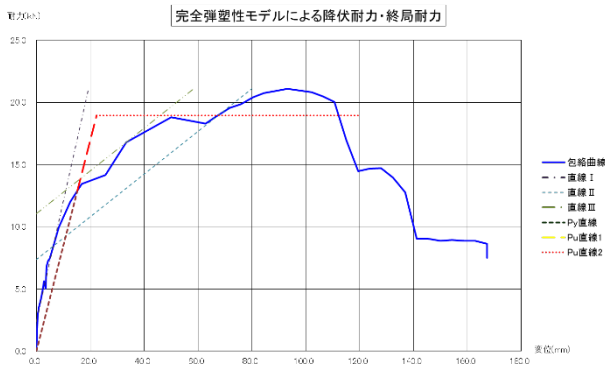


図3 完全弾塑性モデルによる評価

以上,3 種類の値の最小値を短期基準耐力と定義し,求めた短期基準耐力を耐力壁長さで割ることで降伏耐力  $P_y$  を求める.求めた降伏耐力  $P_y$  を 1.96kN(壁倍率を 1 とした時の降伏耐力) で割ることにより,壁倍率を算定する.さらに,試験体ごとに求めた壁倍率の値を母集団の分布形を正規分布とみなした場合の信頼水準 75%・50% 下側許容限界値を求め各仕様における壁倍率とした.

	壁倍率	偏差 (x-av)	偏差平方 (x-av) <sup>2</sup>	分散 ( $\sigma^2$ )	標準偏差 ( $\sigma$ )	50%下限値
0.70-①	3.09	-0.13	0.02	0.07	0.26	2.84
0.70-②	3.13	-0.17	0.03			
0.70-③	2.66	0.3	0.09			
合計	8.88		0.14			
平均(av)	2.96					

$$\text{壁倍率} = \text{平均} - k \times \sigma$$

ここで,

$\sigma$ : 標準偏差

k: 試験体数に依存する定数 (n=3 の場合,0.471)

## 4. 繊維密度

### 4.1 試験概要

これまでの研究から,面材耐力壁の面材が水平方向の加力を受けた時,面材が剛体を保ち釘が変形することが確認できている.すなわち,面材耐力壁における耐力は,釘の変形と支持部材への釘のめり込みにより発現する事から,面材の釘保持能力が重要となり,MDF の場合密度に大きく影響されることも明らかとなっている.そこで,今回も性能を担保できる密度を把握する実験から開始した.試験体は図 1 に示した標準仕様とし,使用する面材を繊維密度 0.6g/cm<sup>3</sup> から 0.8 g/cm<sup>3</sup> まで 0.05 g/cm<sup>3</sup> 毎の密度変化を与え実験した.

### 4.2 実験結果

繊維密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Pmax (kN)	ΔPmax (mm)	Ds	壁倍率
0.60	16.62	84.6	0.29	3.09
0.65	20.69	95.71	0.33	3.14
0.70	20.48	93.87	0.28	3.69
0.75	22.95	117.97	0.29	4.05
0.80	24.58	117.97	0.29	4.17

表 1 繊維密度別結果

表 1 から,構造用合板を面材として使用した場合の枠組耐力壁における壁倍率 3.0 を上回っていることが確認できる.

## 5. 構造用合板との比較

### 5.1 試験概要

次に,面材耐力壁の主流である構造用合板耐力壁に対し,MDF が比肩する性能を有していることを確認する必要から,同一な試験条件で面材を構造用合板とした耐力壁の性能を確認する実験を行った.

### 5.2 結果

試験体名	Pmax (kN)	ΔPmax (mm)	Ds	壁倍率
合板①	22.5	97.61	0.32	3.53
合板②	24.21	123.77	0.37	3.35
合板③	23.53	128.05	0.33	3.76

表 2 面材を構造用合板とした実験結果

本実験による壁倍率は,3.54 となった.告示に記載されている壁倍率 3.0 を大きく上回っている.この結果は,告示に記載されている値が,施工誤差を考慮した低減係数 0.85 をかけた値で表示されていることによると考えられる.MDF 耐力壁においても同様な考慮が必要なることから,密度変化による実験結果から繊維密度 0.7g/cm<sup>3</sup> 以上であれば構造用合板の実験結果を上回ることが確認できる.すなわち,繊維密度 0.7g/cm<sup>3</sup> の MDF であれば構造用合板と同等以上の性能を有しているといえる.

## 6. 孔の影響

### 6.1 試験概要

住宅における面材耐力壁では,各種ダクトやコンセント等の孔が施工される場合が多い.一般的には,孔の大きさ・場所による低減を考慮して耐力を算定している.MDF 耐力壁においても孔による低減の程度を明確にする必要があることから実験を行った.ここで,一般的な木造住宅が在来軸組み木造住宅であることから,実験に用いた試験体の MDF は繊維密度が 0.72g/cm<sup>3</sup> 試験体仕様は真壁在来軸組み木造住宅仕様とした.

### 6.2 実験結果

試験体名	Pmax (kN)	ΔPmax (mm)	Ds	壁倍率
穴あき①	11.19	101.38	0.39	2.88
穴なし	9.87	92.06	0.35	2.86
穴あき②	10.73	92.00	0.43	2.48
穴あき③	10.36	87.15	0.39	2.62
穴あき④	10.02	77.73	0.43	2.30
穴あき⑤	11.98	106.19	0.42	2.78

表 3 有孔耐力壁の実験結果

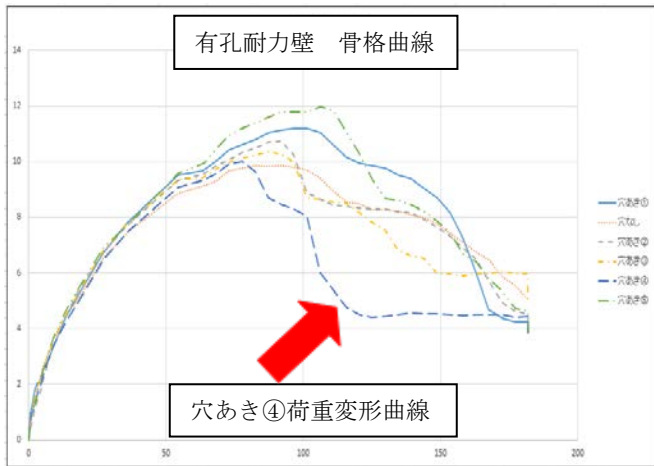


図4 有孔耐力壁 骨格曲線

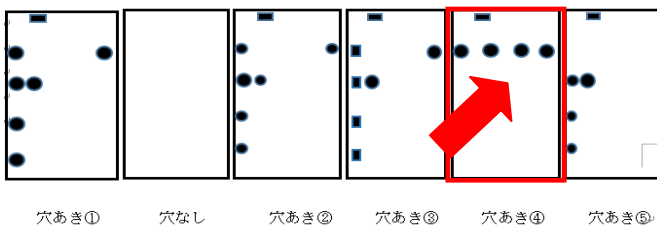


図5 孔施工計画図

初めは、全て同じような剛性勾配で耐力・変位の値が上昇している。変位が 54mm を越えたときを境に、各試験体の特性が現れてきた。この中で、孔なしの試験体をのぞいて最も壁倍率が大きくなったのは、孔あき①の試験体であった。最大耐力は 2 番目であるが、耐力低下の出現が最も遅く、エネルギーの吸収量が多くなったことによる。また、孔あき④に着目すると、塑性域に入ってから粘りがなく、他のものと比較しても著しく低い値を示している。

ここで、耐力低下の原因について考察する。真壁在来軸組木造住宅仕様で実験していることから、真壁仕様面材耐力壁においては面材に束としてせん断応力を伝達する部分が存在する。孔あき④においては明らかに束として働いている部分に孔を開けたことから、孔の周りに応力集中し「割れ」が発生してしまったことによる。また、有孔耐力壁のもうひとつの特徴として釘と孔との距離が小さい(2cm 未満)場合、パンチングアウトによる破壊が起りやすい。

結果として、MDF を面材と使用した耐力壁に孔を施工しても、釘と孔との距離を確保すること、束として働いている部分に孔を開けないことの 2 点に注意すれば、耐力低減を考慮しなくてよいこととなる。

## 7. リサイクル材

### 7.1 試験概要

様々な環境問題が叫ばれる昨今、リサイクル品が注目されている。MDF においてもリサイクル材を原料とした製品が製造されている。そこで、リサイクル材を用いて形成された MDF の性能を確認する実験を行うこととした。また、今回の実験も在来軸組み仕様の試験体で実験した。

### 7.2 実験結果

試験体名	Pmax (kN)	ΔPmax (mm)	Ds	壁倍率
R-1	17.54	91.08	0.23	3.72
R-2	18.35	108.0	0.29	3.01
R-3	18.35	114.19	0.31	3.02

表4 リサイクル材の実験結果

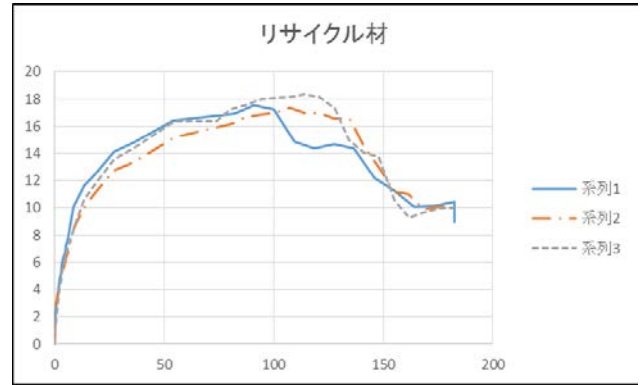


図6 リサイクル材の骨格曲線

試験体 1 の壁倍率が一番高い。このような結果を得ることができた理由は、他の試験体と比較して Ds 値が低いことによる。最大耐力は逆に最低値を示していることから、初期剛性が高く塑性率  $\mu$  が大きな値となったと分析することができる。

一方、試験体 2 と試験体 3 はほとんど性能的变化が認められない。骨格曲線も同一な傾向となっており、普通に施工された場合、試験体 2 と試験体 3 が本来の性能となると推定できる。

さらに、リサイクル材で形成した MDF を面材とした耐力壁は、一昨年同一仕様耐力壁繊維密度  $0.75\text{g/cm}^3$  の壁倍率 2.68 を上回る 3.25 となった。今回の MDF 形成に使用したリサイクル材は、針葉樹であり、一昨年の MDF 形成に使用した材料が広葉樹であったことによると推察する。結果、針葉樹を材料とした MDF が高性能であること、また、原木とリサイクル材では性能の低下を考慮しなくてよいことが分かる。このことは、これまでの実験ではパンチングアウトによる破壊は確認されていたが、今回初めて面材そのもののせん断破壊を確認したことによっても推定できる(針葉樹を材料としたことから MDF が硬くなった)。



図7 破壊性状  
(パンチングアウト左 MDF せん断破壊右)

## 8. ノーサンディング材

### 8.1 試験概要

MDF は工業製品であることから、厚みの許容範囲が指定されている。MDF では、厚みを調節する為に表面処理を施す。しかし、工場の CO<sub>2</sub> 発生量の削減・コスト低減の面からみると表面処理は必ずしも必要な工程であるとはいえない。そこで、MDF の表面処理を省いた試験体を作成し実験を行うこととした。また、今回の実験も在来軸組み仕様の試験体で実験した。

### 8.2 実験結果

試験体名	Pmax (kN)	ΔPmax (mm)	Ds	壁倍率
N-1	18.05	121.1	0.26	3.44
N-2	18.31	127.7	0.32	2.87
N-3	17.90	114.11	0.29	3.07

表 5 ノーサンディング材の実験結果

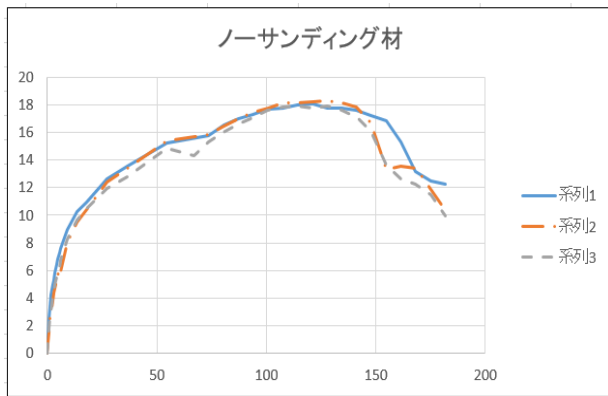


図 7 ノーサンディング材の骨格曲線

リサイクル材と同様に全ての試験体のグラフは類似した軌跡を描いた。一番大きな壁倍率を示した試験体 1 は降伏耐力・終局耐力・最大荷重等は試験体 2 よりも低い値を示している。しかし、Ds 値が他の試験体より著しく低い値を示している。試験体 2・試験体 3 との差も顕著であるためこのような結果となった。実験中の観察からも、試験体 2・試験体 3 はパンチングアウトの早期発生により終盤の耐力が急激に下がったため、Ds 値が高くなり壁倍率が低い値となった。

### 9. まとめ

今回は枠組工法における MDF 用いた耐力壁の面内せん断性能耐力壁の実験から初めて、木造住宅で使用した場合想定されるさまざまな条件を考慮した実験もあわせて行った。

繊維密度別の耐力壁の実験・構造用合板・軸組工法における有孔耐力壁・リサイクル材・ノーサンディング材といった 5 種類の実験を行った事で、MDF による耐力壁の耐力メカニズムが明確となった。

#### ・釘の打ち込み状況

これまでの実験結果から、MDF の性能は、釘の打ち込

み状況が大きく影響してくることを確認した。

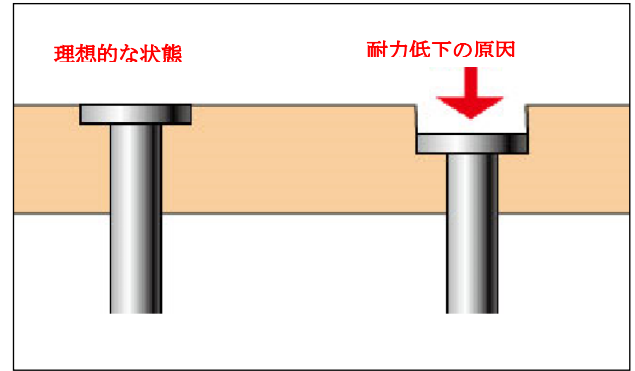


図 8 釘の打ち込み状態例

上図左のように、MDF と釘の頭が平滑になるように釘を打ち込むことが大切で、右のように釘がめり込んだ状態では、左と比較すると 30~80% の釘保持力低下となりパンチングアウトを引き起こす要因となる。

自動釘打ち機の空気圧の調整を徹底し、釘のめり込身を防止することが大切である。

#### ・MDF 自体に必要な性能

MDF 自体が高密度で硬く、均一である事が望ましい。MDF が軟らか過ぎると釘が MDF にめり込みやすくなるとともに釘を保持する能力を低下させてしまう。

結果として、このような注意点を守れば MDF による面材耐力壁は構造用合板による面材耐力壁より高性能であり、今後の木造耐力壁として有効な構法である事が実証できた。

### 謝辞

本研究は 42 体の多くの試験体により実験した。この多くの試験体を供給していただいたホクシン(株)開発室・実験中実験後の分析において指導して頂いた先生方に深く感謝申し上げる。あわせて、今回の実験研究が MDF 耐力壁の告示化に役立つことを祈念している。

### 文献

- [1] 木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2008 年版)
- [2] 木造住宅の耐震診断と補強方法-例題編・資料編 (2012 年改訂版)



図 9 文献

(左：木造軸組工法住宅の許容応力度設計，  
右：木造住宅の耐震診断と補強方法)

(2014 年 01 月 17 日提出)

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日：9月 2日

科名：建築施工システム技術科

教科の科目		実習テーマ名	
開発課題実習		MDF を用いた耐力壁の面内せん断性能に関する研究 ～MDF による耐震壁の開発～	
担当教員		担当学生	
建築施工システム技術科 藤村 悦生			
建築施工システム技術科 船木 裕之			
課題実習の技能・技術習得目標			
MDF を用いた耐力壁の面内せん断性能に関する研究 ～MDF による耐震壁の開発～ 課題を通して、より複合した技能・技術及びその活用能力（応用力、創造的能力、問題解決能力、管理能力等）を習得することを目的とする。昨年度に引き続き、MDF による環境に優しい繊維板による耐震補強を現実のものとする。この取組みを通し、建築生産現場における課題遂行能力や報告書作成・プレゼンテーション等のヒューマン&コンセプチュアルスキル能力の習得も目標とする。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
現在、木造住宅で使用されている耐震壁のほとんどが筋かい 或いは面材によるものである。このなかで面材による木造住宅用耐震壁は、そのほとんどが構造用合板によるものである。しかし、構造用合板は丸太を原料として必要とすることから、熱帯雨林における環境破壊に影響を与えている。今回、構造用合板の代わりに耐震壁として使用しようとしている MDF (Medium Density Fiberboard) は、品質安定性および加工性に優れ、十分構造用合板の代わりに木造住宅を地震から守る部材として有効である。MDF による面材耐力壁の耐震性能を明らかにし簡易に設計に取り入れること及び最も効果的な使用法（施工仕様）を明らかとすることにより、木材資源を有効活用する繊維板による耐震壁の技術を確立する。			
実習テーマの特徴・概要			
前年度までに、大壁仕様耐力壁及び真壁仕様耐力壁について検証してきた。本年度は、枠組み壁工法仕様を中心に研究開発を行う。研究内容は、最も効果的な使用法（施工仕様）について検証する。具体的には、施工時の仕様確定（釘サイズ・ピッチ 補強材の種別・補強材寸法・補強材の取り付け法）及び仕様に沿った設計法の構築となる。前年度までの研究成果に付加し MDF 耐力壁の研究のまとめとしたい。			
No	取組目標		
①	実験を安全に留意しながら実施します。		
②	実験の結果をまとめるとともに、問題点と改善案を見つけます。		
③	施工にあたっては、技能・技術の複合に対応します。		
④	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）を身につけ職業人としての行動ができる。		
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。（課題発見、分析能力）		
⑥	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。（計画推進力）		
⑦	グループメンバーの意見を取りまとめて課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を成立させます。（コミュニケーション力）		
⑧			
⑨			
⑩			
⑪			