

日本船舶海洋工学会春季講演会 2013年5月27～28日 広島国際会議場

# 配管工事におけるパイプ配材計画の 自動生成に関する研究

九州大学 工学府 海洋システム工学専攻  
修士1年 進藤 翔平

九州大学大学院工学研究院海洋システム工学部門  
木村 元



# 研究背景

- 先行艤装において、艤装工数のかなりを配管工事が占める
- 効率的に取り付けたい！
  
- エンジンルームデッキ裏のパイプだけでも約1000本取り付けなければならない
- 取り付け順序は熟練技術者の判断
- パイプ取り付けは6~7日間ほどで行われる
- すべてのパイプが一度に運ばれてくると...



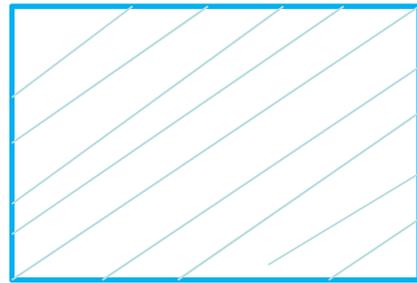
- ⊖ それらを置く広いスペースが必要
- ⊖ 目的のパイプを探すのに時間がかかる



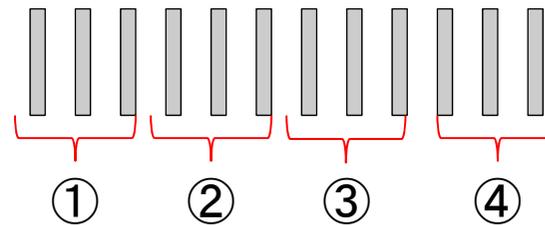


# 研究目的

- 従来の(熟練技術者の)パイプ取り付け順序をもとに、**取り付け順序を自動生成**
- 先行艙装における、エンジンルームデッキ裏のパイプの配材を**4等分**する



取り付け作業場



- 1～2日間で使うパイプのみが作業場へ配材



作業者の負担を減らす  
作業スペースの削減、作業効率の向上



# 研究に使用するデータ

- 大島造船所で使われているMATES(造船設計システム)から出力されたパイプデータを使用

PipeN = 48

YD027 2 40 5.5 2 11950.00 -5800.00 9141.17 バカ穴貫通着目点

KeiroN = 1, TenQt = 3

11568.60	-5800.00	9154.30	40
11799.90	-5800.00	9154.30	
12550.60	-5800.00	9088.63	40

親管

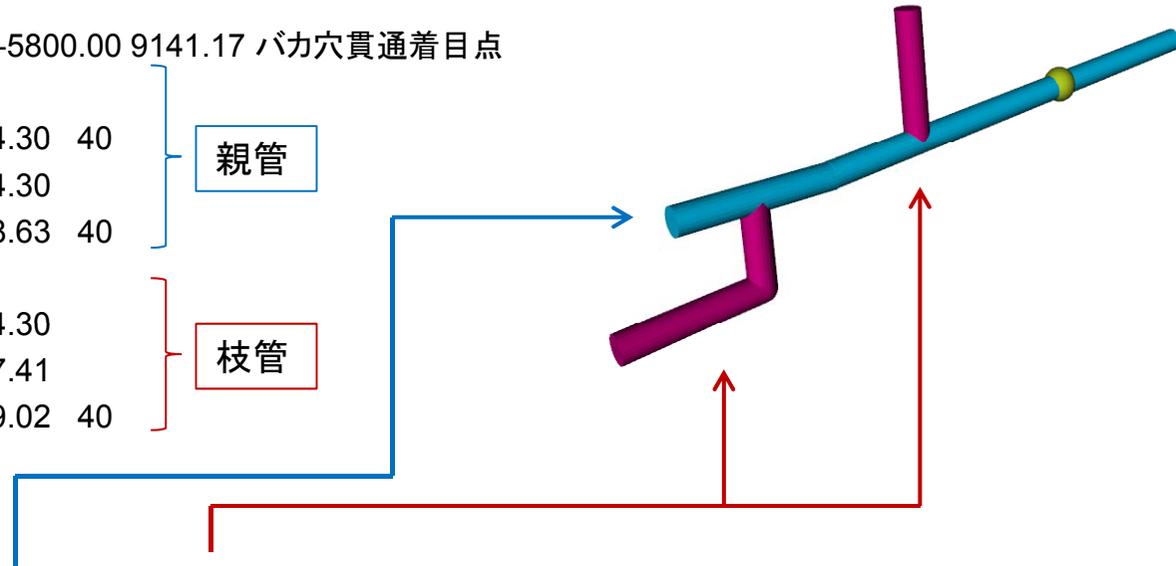
KeiroN = 2, TenQt = 3

11679.90	-5800.00	9154.30	
11679.90	-5800.00	9277.41	
11480.24	-5800.00	9289.02	40

枝管

KeiroN = 3

⋮



- 1本のパイプは「親管」と「枝管」で表現される
- パイプ経路の始点終点とパイプが曲がる点の座標値が与えられる
- 呼径(パイプの外径)は、他のパイプと接続する可能性のある、親管の両端、枝経路の終点のみ表現される
- デッキに貫通する場合は、貫通する位置の座標値とその種類が与えられる



# 研究に使用するデータ

- 大島造船で使われているMATES(造船設計システム)から出力されたパイプデータを使用

PipeN = 48

YD027 2 40 5.5 2 11950.00 -5800.00 9141.17 バカ穴貫通着目点

KeiroN = 1, TenQt = 3

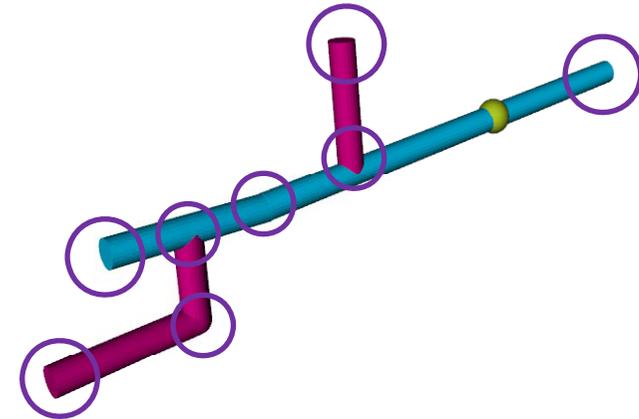
11568.60 -5800.00 9154.30 40  
11799.90 -5800.00 9154.30  
12550.60 -5800.00 9088.63 40

KeiroN = 2, TenQt = 3

11679.90 -5800.00 9154.30  
11679.90 -5800.00 9277.41  
11480.24 -5800.00 9289.02 40

KeiroN = 3

⋮



- 1本のパイプは「親管」と「枝管」で表現される
- パイプ経路の始点終点とパイプが曲がる点の座標値が与えられる
- 呼径(パイプの外径)は、他のパイプと接続する可能性のある、親管の両端、枝経路の終点のみ表現される
- デッキに貫通する場合は、貫通する位置の座標値とその種類が与えられる



# 研究に使用するデータ

- 大島造船で使われているMATES(造船設計システム)から出力されたパイプデータを使用

PipeN = 48

YD027 2 40 5.5 2 11950.00 -5800.00 9141.17 バカ穴貫通着目点

KeiroN = 1, TenQt = 3

11568.60 -5800.00 9154.30 40

11799.90 -5800.00 9154.30

12550.60 -5800.00 9088.63 40

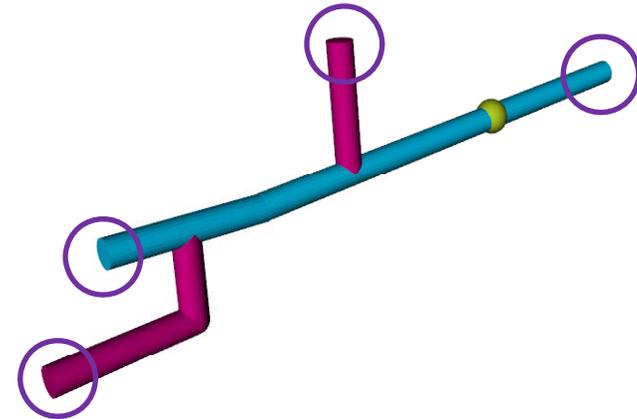
KeiroN = 2, TenQt = 3

11679.90 -5800.00 9154.30

11679.90 -5800.00 9277.41

11480.24 -5800.00 9289.02 40

KeiroN = 3



- 1本のパイプは「親管」と「枝管」で表現される
- パイプ経路の始点終点とパイプが曲がる点の座標値が与えられる
- 呼径(パイプの外径)は、他のパイプと接続する可能性のある、親管の両端、枝経路の終点のみ表現される
- デッキに貫通する場合は、貫通する位置の座標値とその種類が与えられる



# 研究に使用するデータ

- 大島造船で使われているMATES(造船設計システム)から出力されたパイプデータを使用

PipeN = 48

YD027 2 40 5.5 2 11950.00 -5800.00 9141.17 バカ穴貫通着目点

KeiroN = 1, TenQt = 3

11568.60 -5800.00 9154.30 40

11799.90 -5800.00 9154.30

12550.60 -5800.00 9088.63 40

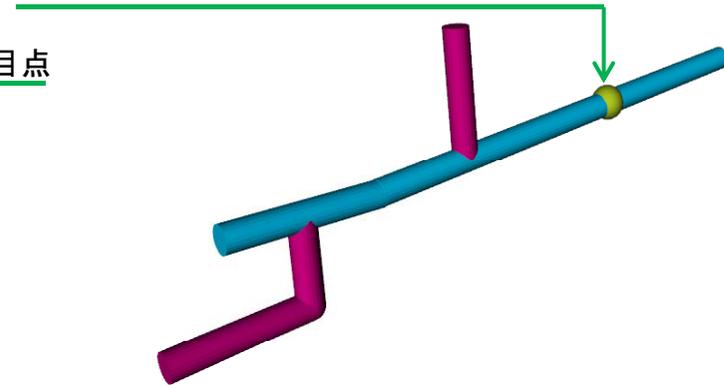
KeiroN = 2, TenQt = 3

11679.90 -5800.00 9154.30

11679.90 -5800.00 9277.41

11480.24 -5800.00 9289.02 40

KeiroN = 3



- 1本のパイプは「親管」と「枝管」で表現される
- パイプ経路の始点終点とパイプが曲がる点の座標値が与えられる
- 呼径(パイプの外径)は、他のパイプと接続する可能性のある、親管の両端、枝経路の終点のみ表現される
- デッキに貫通する場合は、貫通する位置の座標値とその種類が与えられる



# 研究に使用するデータ

- 貫通の種類
- 大きくは、デッキ等に溶接される**タイト貫通**と、溶接されない**バカ穴貫通**に分けられる。

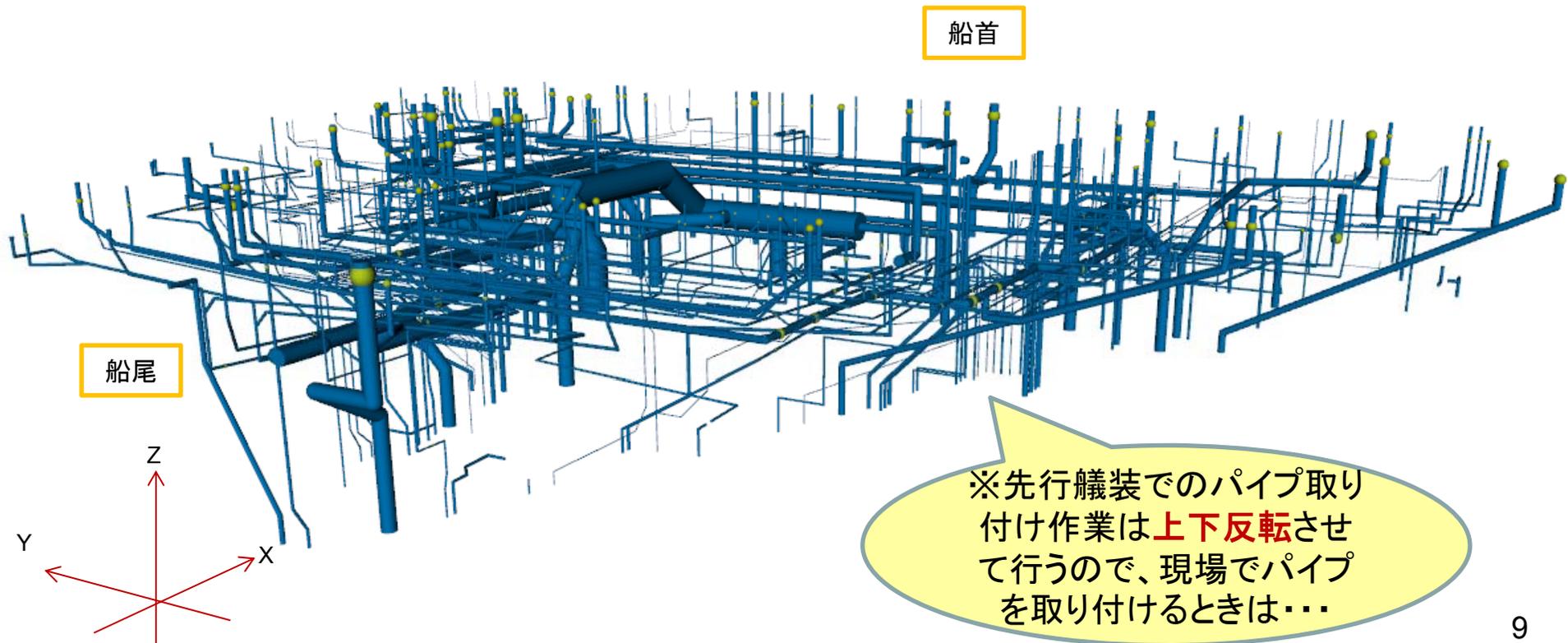
- ・貫通スリーブ
- ・通しスリーブ
- ・内ネジ付きソケット
- ・スカッパー
- ・測深デッキピース
- ・ダブリングプレート
- ・高圧配管貫通ピース
- ・タイト貫通着目点
- ・バカ穴貫通着目点





## パイプ全部の3D表示

- パイプの情報(形・位置・取り付け順序)を視覚的に把握
- 読み込んだデータを、X3D(グラフィック言語)に変換して表示するツールをJavaで作成
- 無料の3Dビューア(「Flux Player」「Octaga Player」など)で見ることができる



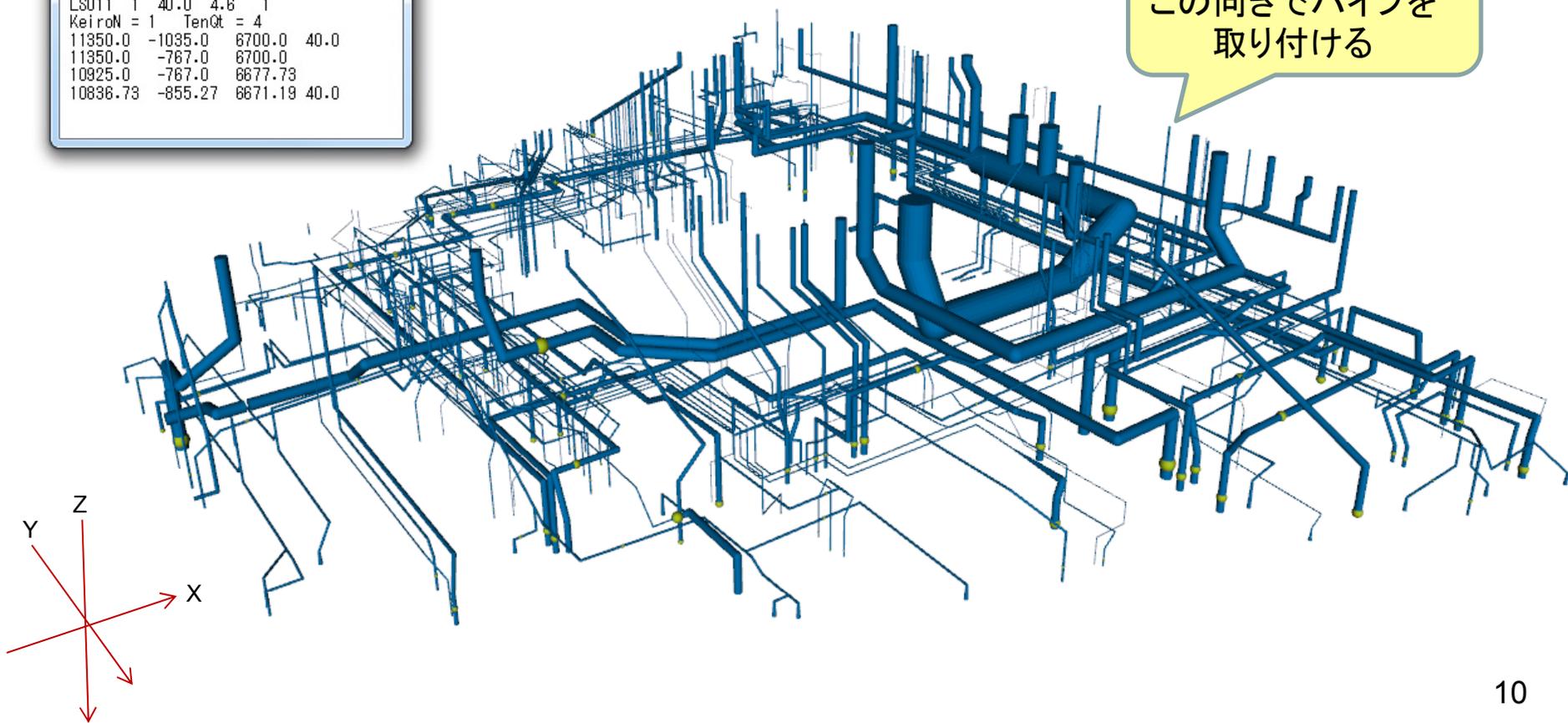


# パイプ全部の3D表示

**機能** : パイプをクリックすると、そのパイプ情報が表示される

```
PipeN = 2
LS011 1 40.0 4.6 1
KeiroN = 1 TenQt = 4
11350.0 -1035.0 6700.0 40.0
11350.0 -767.0 6700.0
10925.0 -767.0 6677.73
10836.73 -855.27 6671.19 40.0
```

現場では反転させた、  
この向きでパイプを  
取り付ける





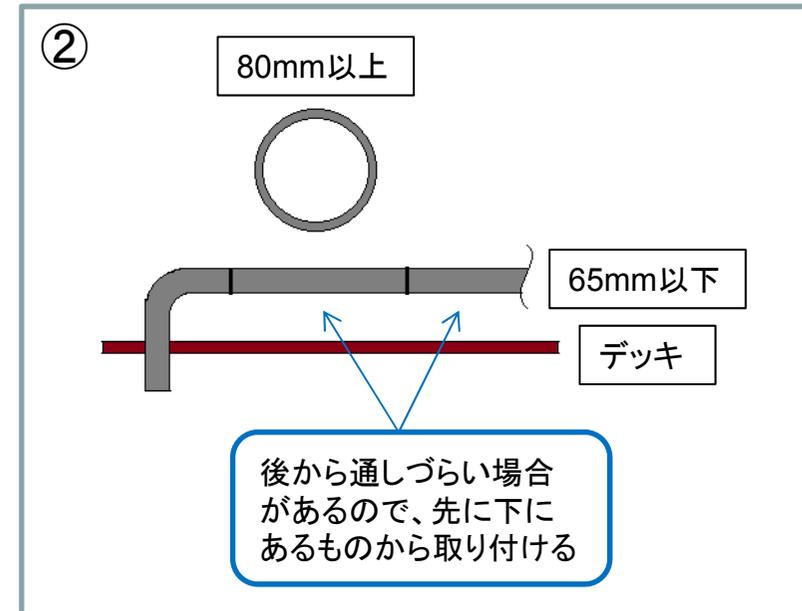
## パイプ取り付け順序

取り付け順序は作業者によって異なり、正確な順序決定は難しい...

1. 貫通しているパイプから
2. 下から(z座標の大きい順)

z座標が同じ場合...

3. 呼径80~200mm
4. 呼径65mm以下

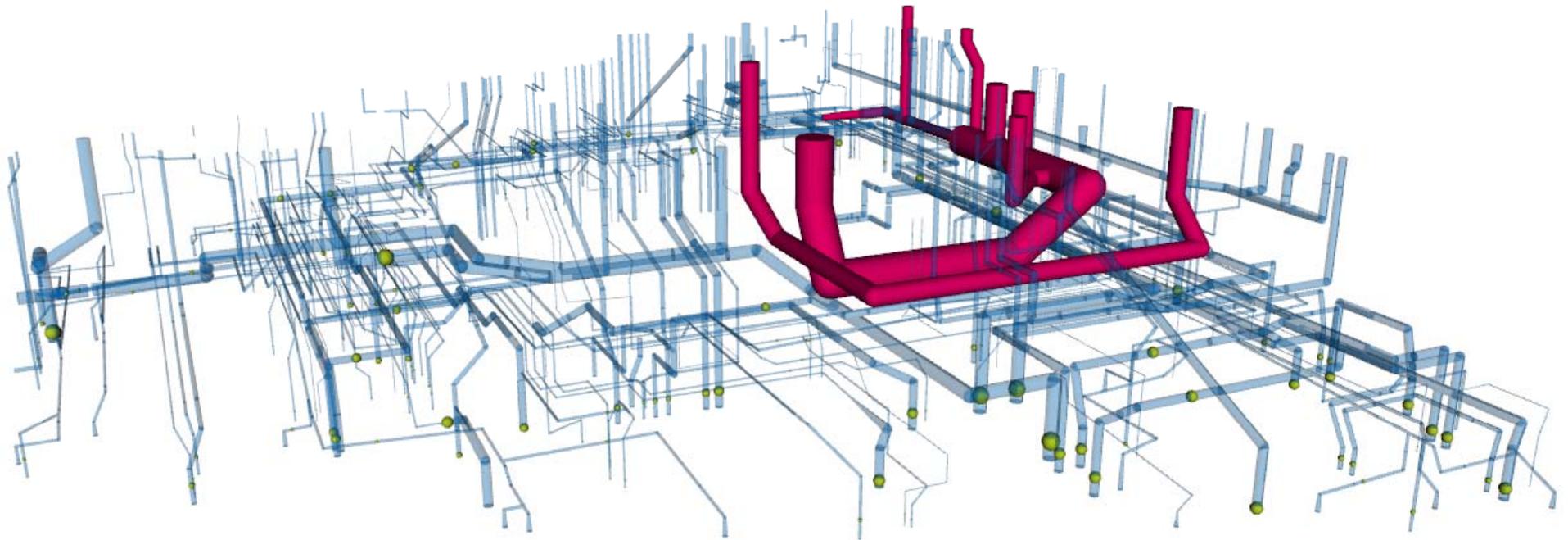


- ① デッキ等に固定するパイプ → 順に伸ばしていく
- ③ 80mm以上のパイプはクレーンを使って取り付ける
- ④ 65mm以下のパイプは手でそのまま取り付ける



# 配材計画(モデル船A)

- 呼径250mm以上(赤)



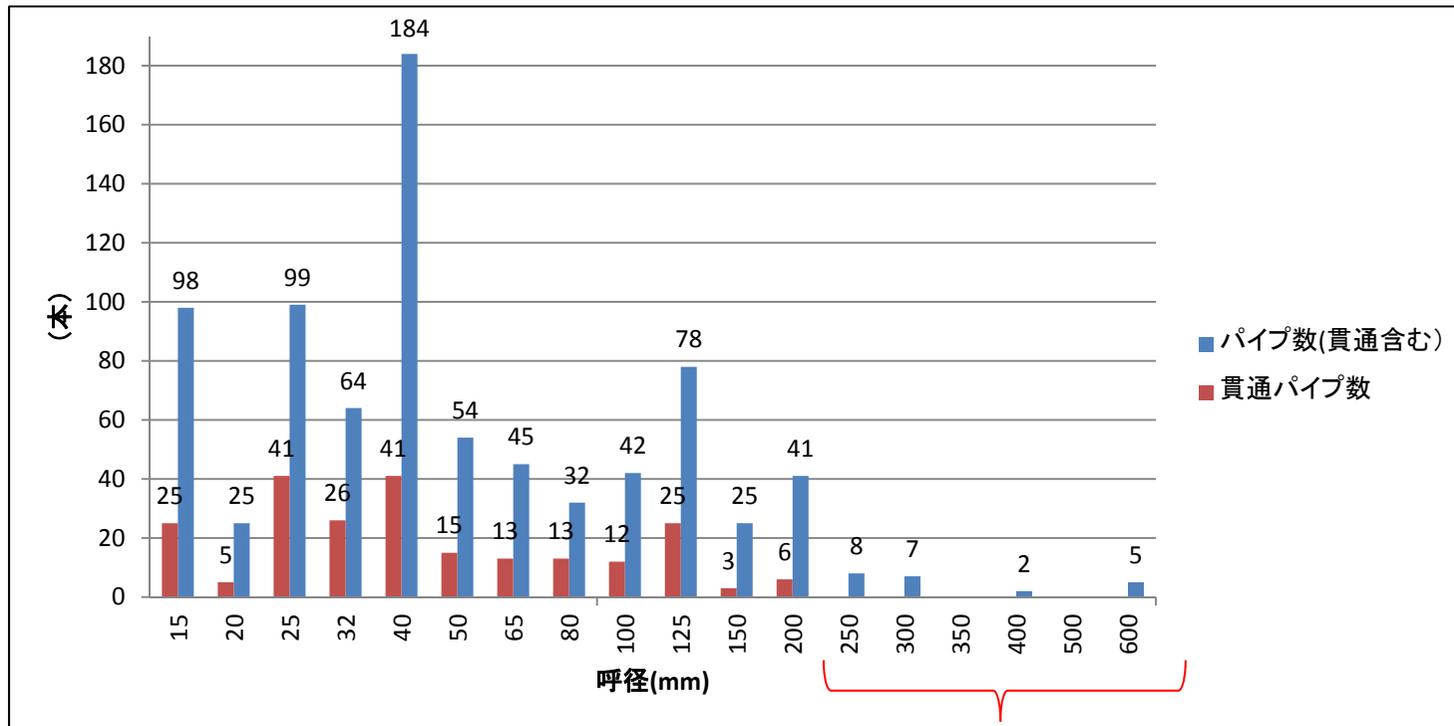
250mm以上のパイプは後回し(バラストライン等)

→上方にあるので、基本的には最後に取り付ける  
後からでは他のパイプが邪魔で取り付けられない場合を考えて、いつでも  
取り付けられるように、別スペースに配置しておく



# パイプの分析

- モデル船A  
呼径ごとのパイプ数



呼径250mm以上のパイプ: **22本** (全パイプ数の**2.7%**)  
呼径80~200mmのパイプ: **218本** (全パイプ数の**26.9%**)  
呼径65mm以下のパイプ: **569本** (全パイプ数の**70.3%**)  
貫通パイプ累計: **225本** (全パイプ数の**27.8%**)



# 配材計画 (モデル船A)

- 配材 : 1/4

赤 : この配材に含まれるパイプ

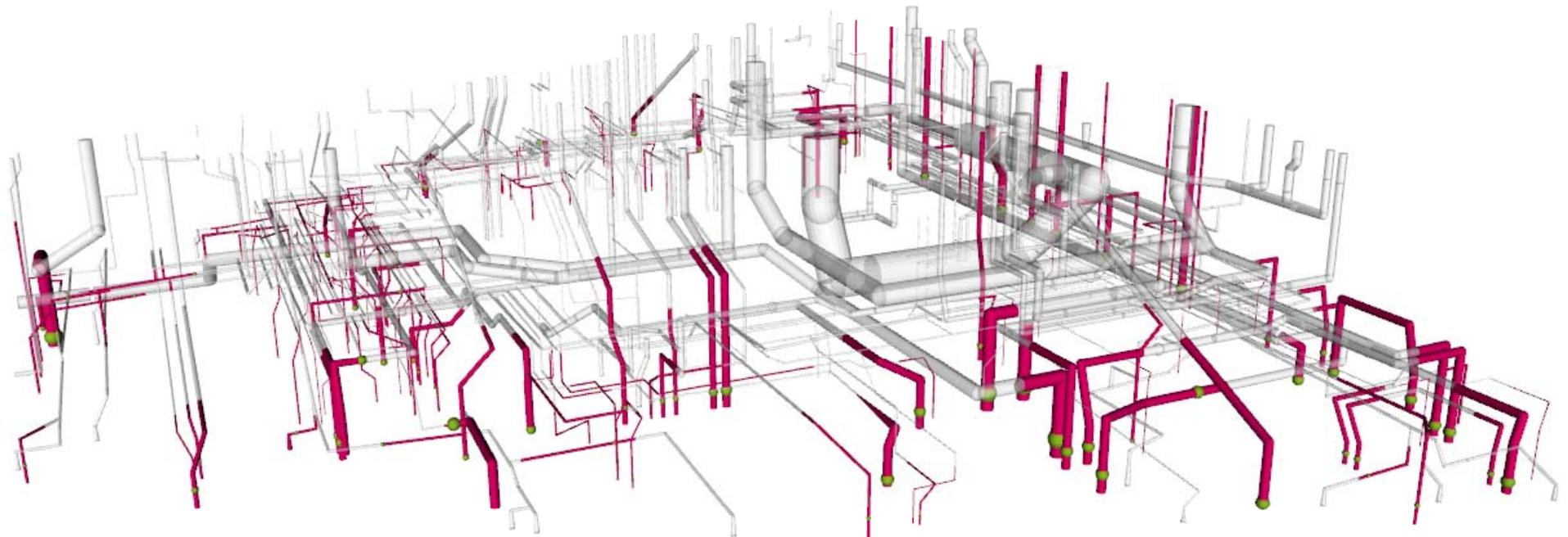
透明 : 後の配材に含まれるパイプ

緑の球 : 貫通位置

1. 貫通しているパイプから
2. 下から (z座標の大きい順)

z座標が同じ場合...

3. 呼径80~200mm
4. 呼径65mm以下





# 配材計画(モデル船A)

- 配材: 2/4

赤: この配材に含まれるパイプ

青: 前の配材に含まれるパイプ

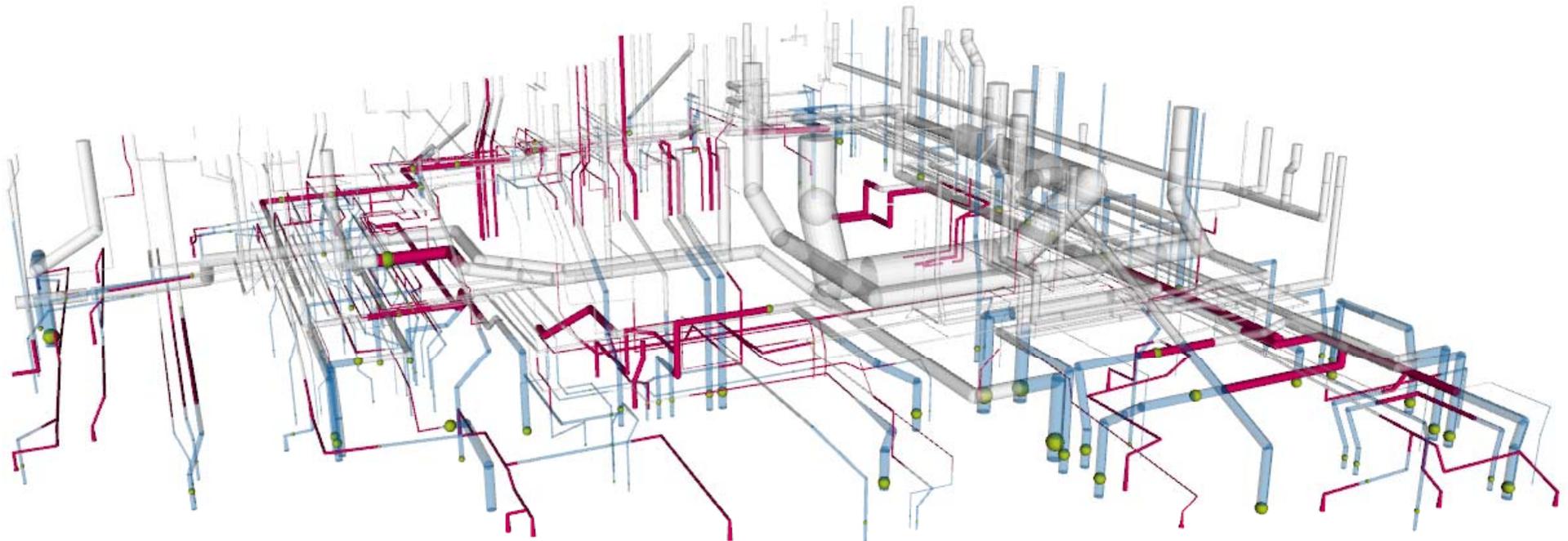
透明: 後の配材に含まれるパイプ

緑の球: 貫通位置

1. 貫通しているパイプから
2. 下から(z座標の大きい順)

z座標が同じ場合...

3. 呼径80~200mm
4. 呼径65mm以下





# 配材計画(モデル船A)

- 配材: 3/4

赤: この配材に含まれるパイプ

青: 前の配材に含まれるパイプ

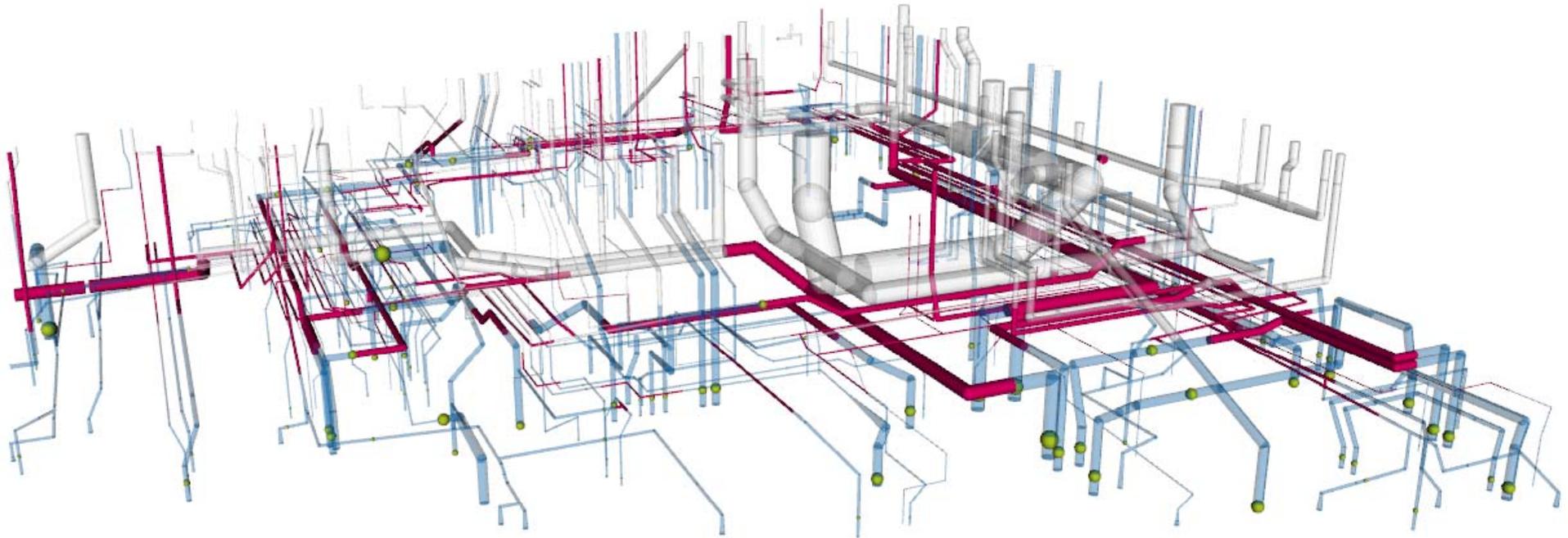
透明: 後の配材に含まれるパイプ

緑の球: 貫通位置

1. 貫通しているパイプから
2. 下から(z座標の大きい順)

z座標が同じ場合...

3. 呼径80~200mm
4. 呼径65mm以下





# 配材計画(モデル船A)

- 配材: 4/4

赤: この配材に含まれるパイプ

青: 前の配材に含まれるパイプ

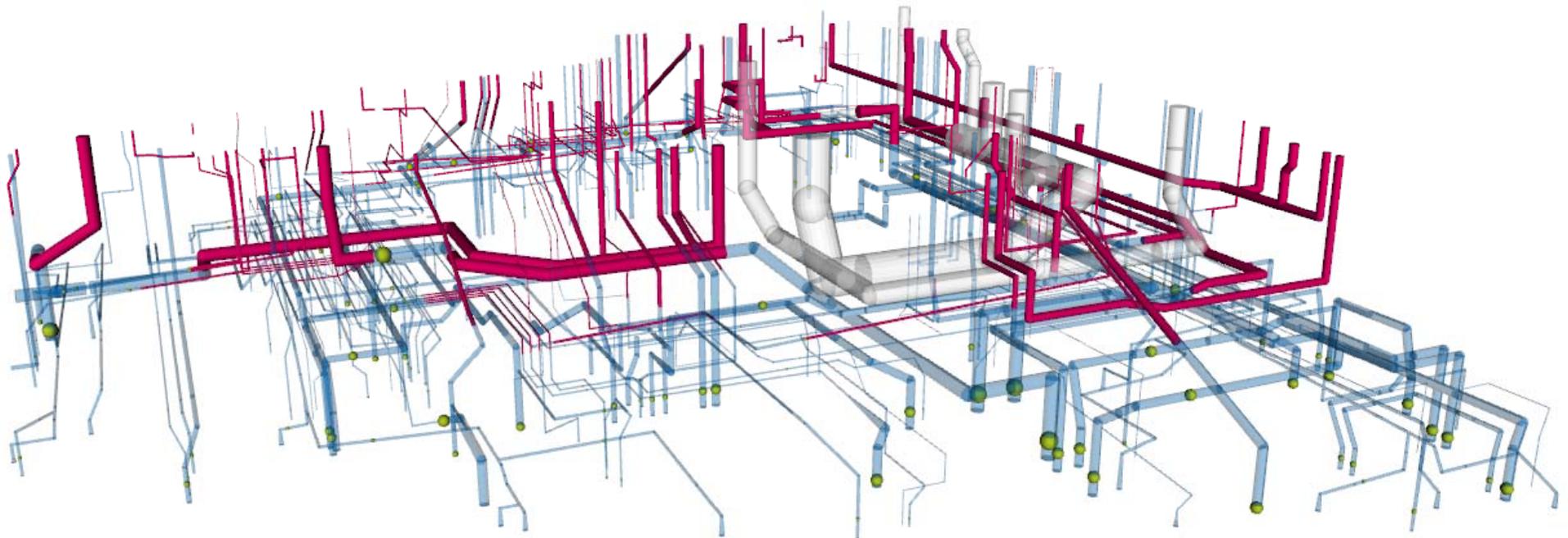
透明: 後の配材に含まれるパイプ

緑の球: 貫通位置

1. 貫通しているパイプから
2. 下から(z座標の大きい順)

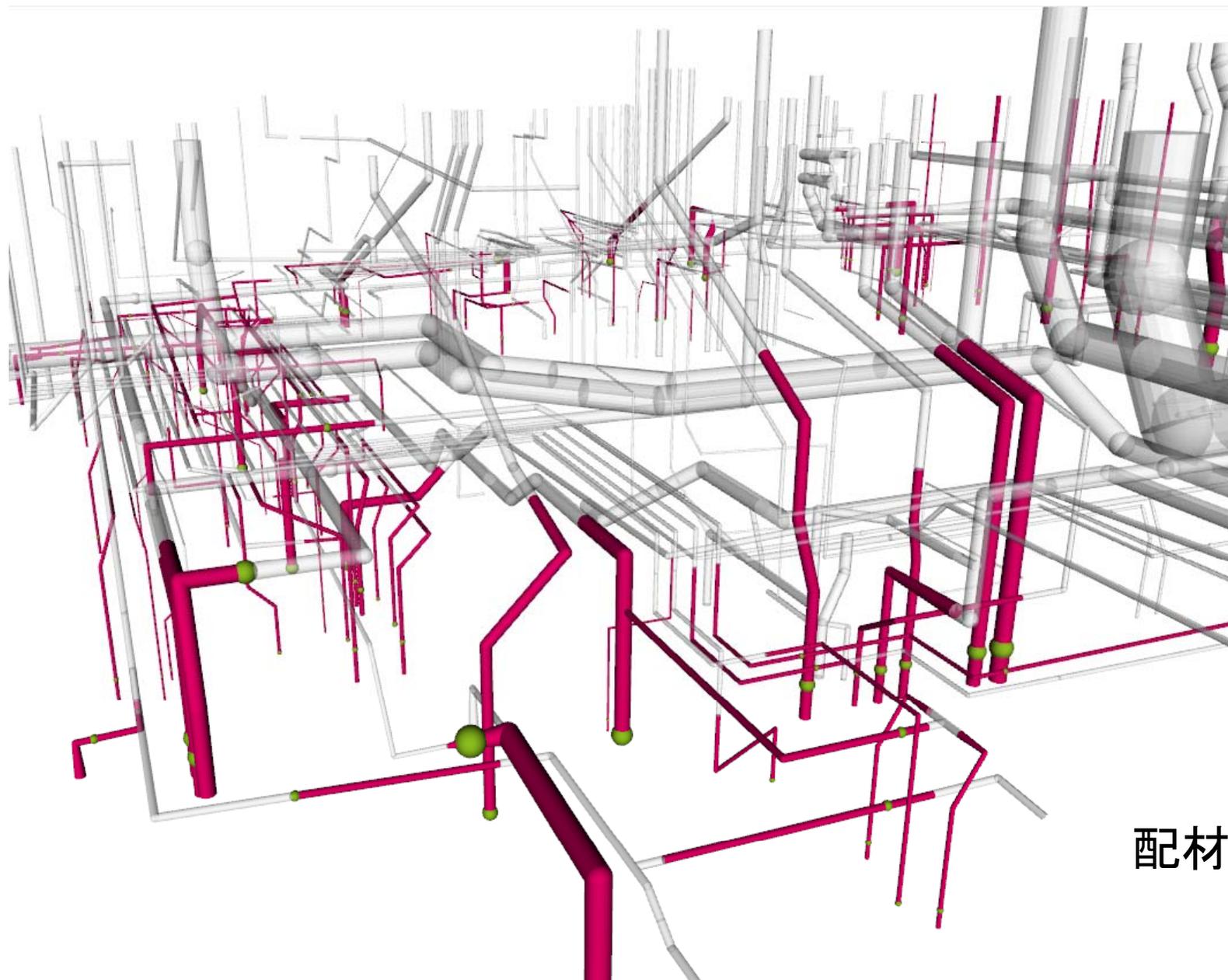
z座標が同じ場合...

3. 呼径80~200mm
4. 呼径65mm以下





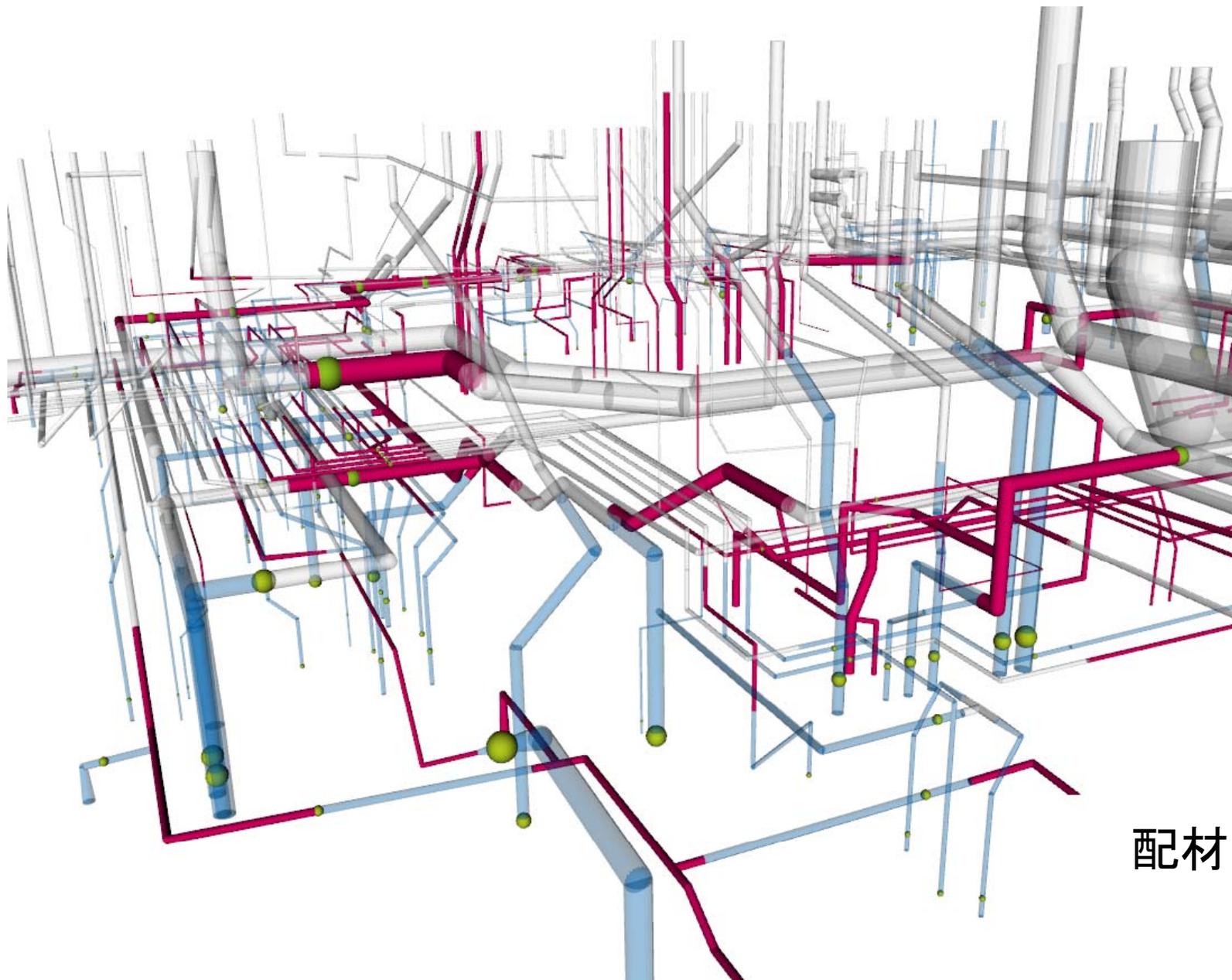
# モデル船A・拡大図



配材：1/4



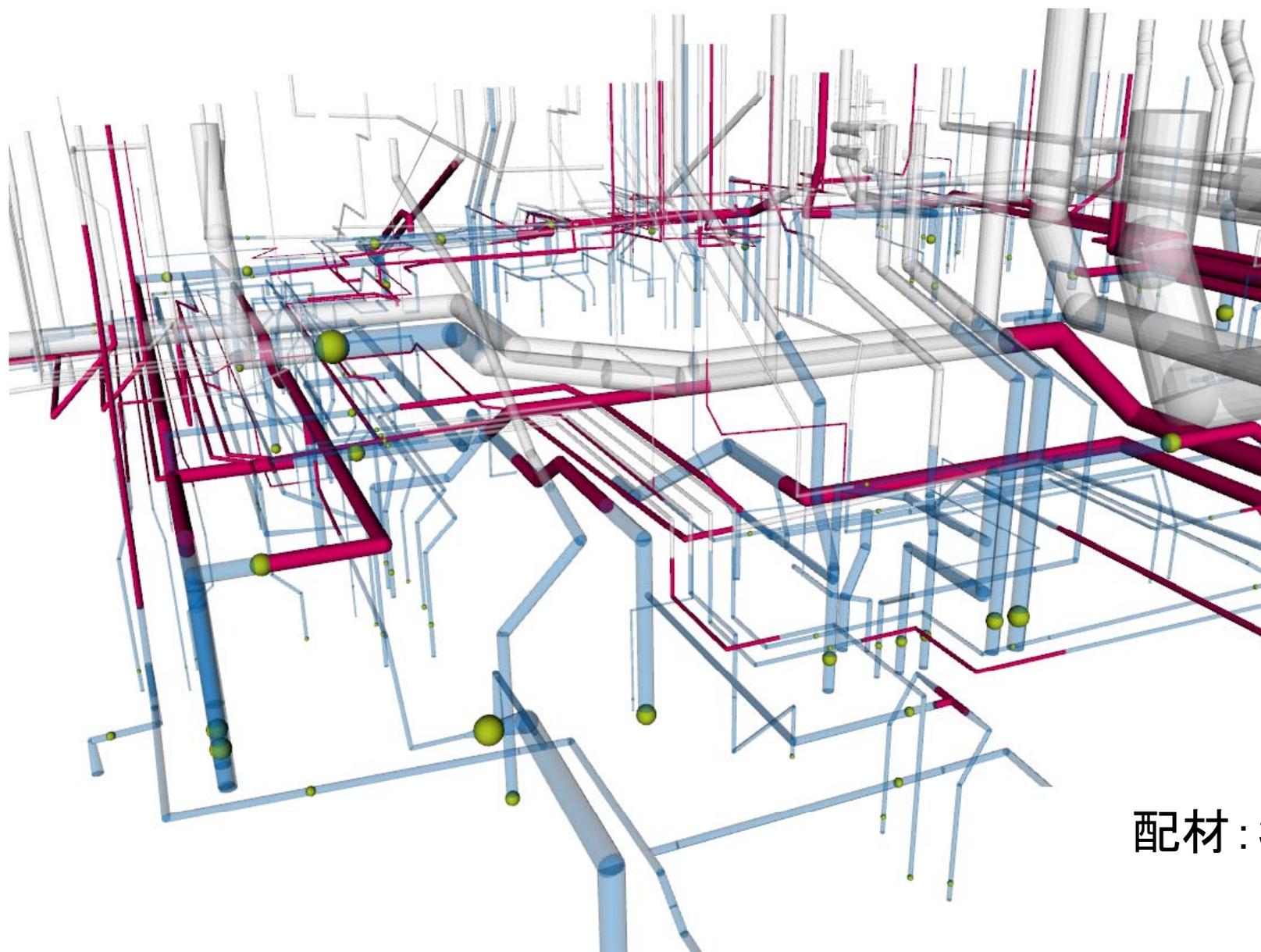
# モデル船A・拡大図



配材：2/4



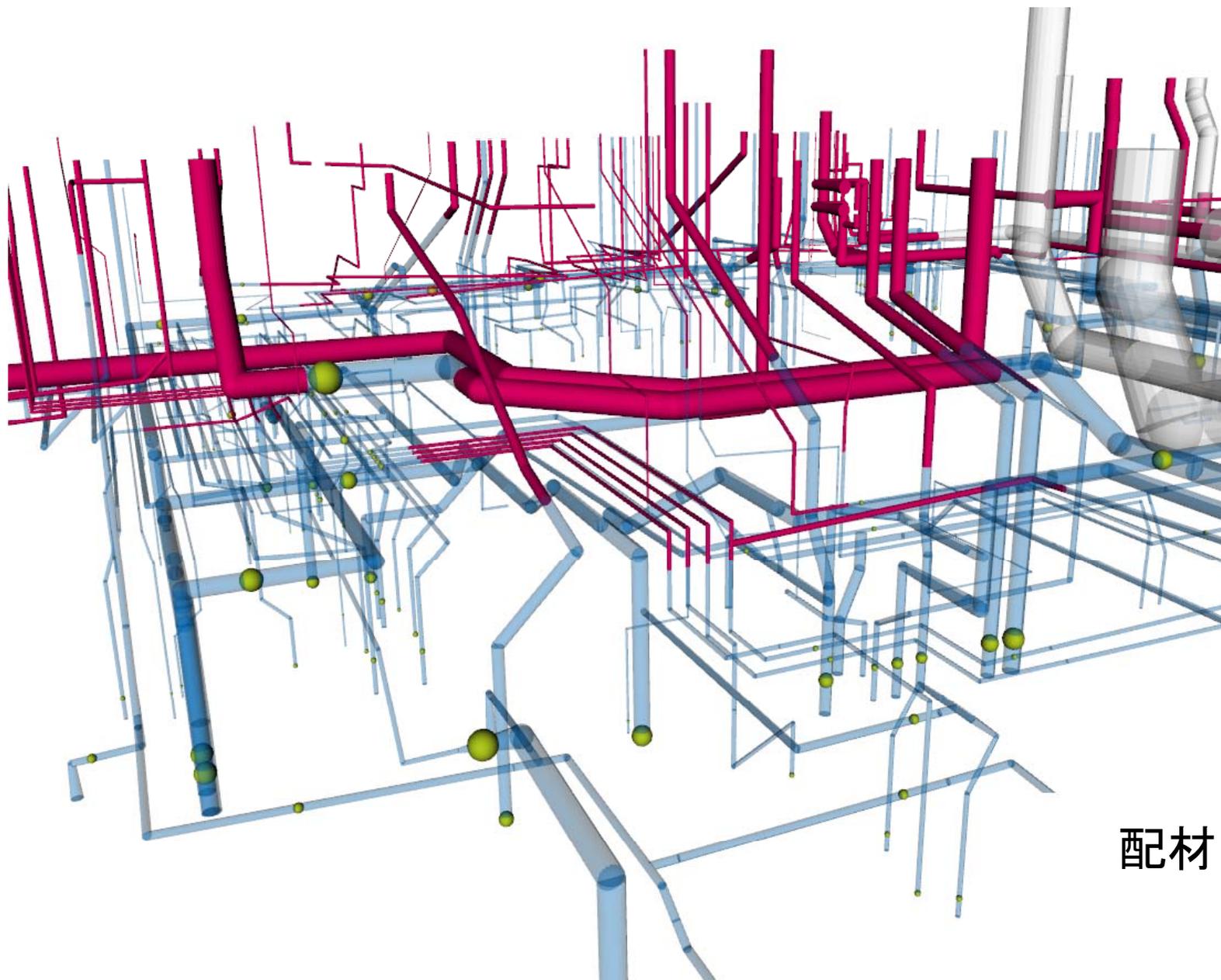
# モデル船A・拡大図



配材 : 3/4



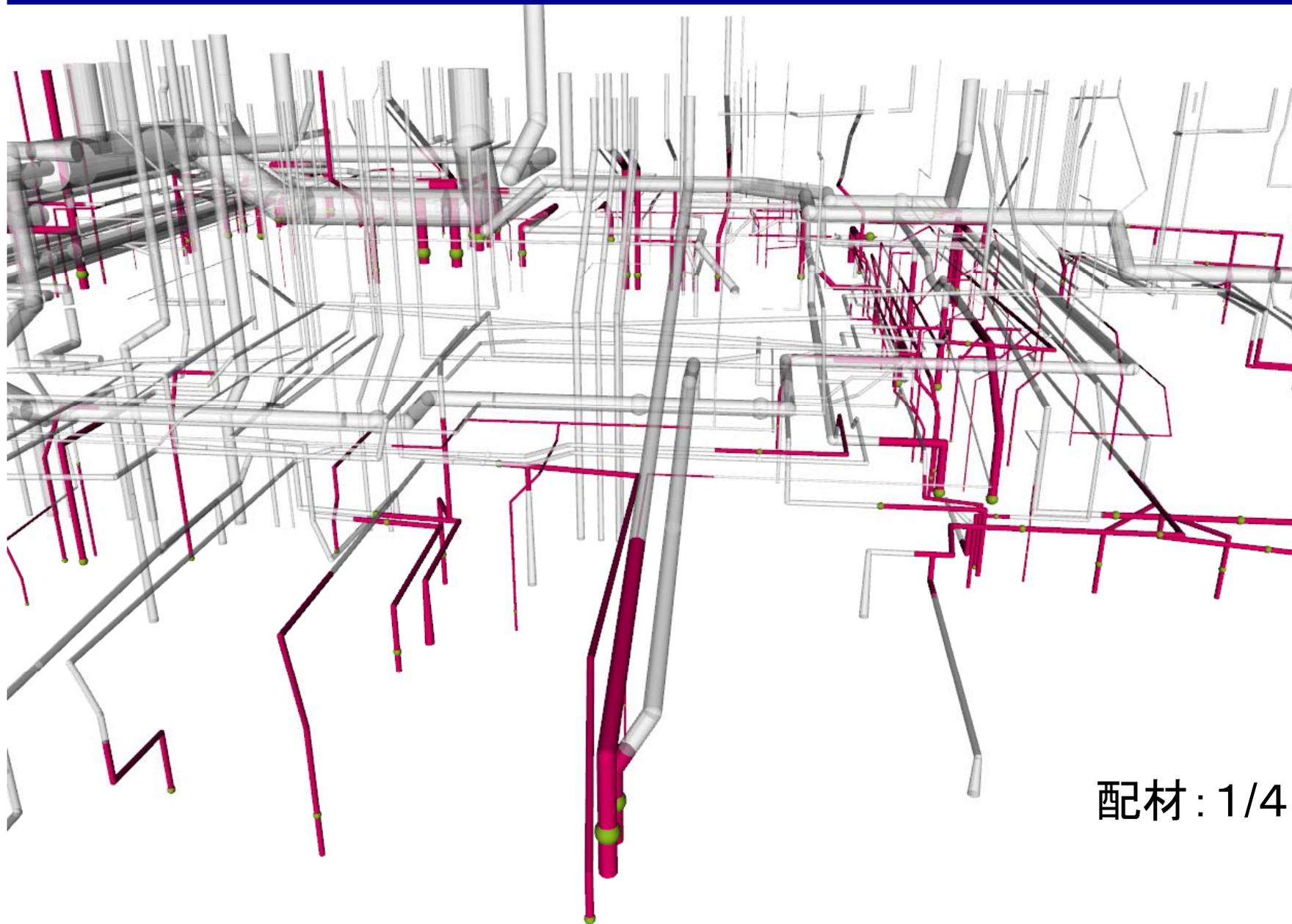
# モデル船A・拡大図



配材：4/4



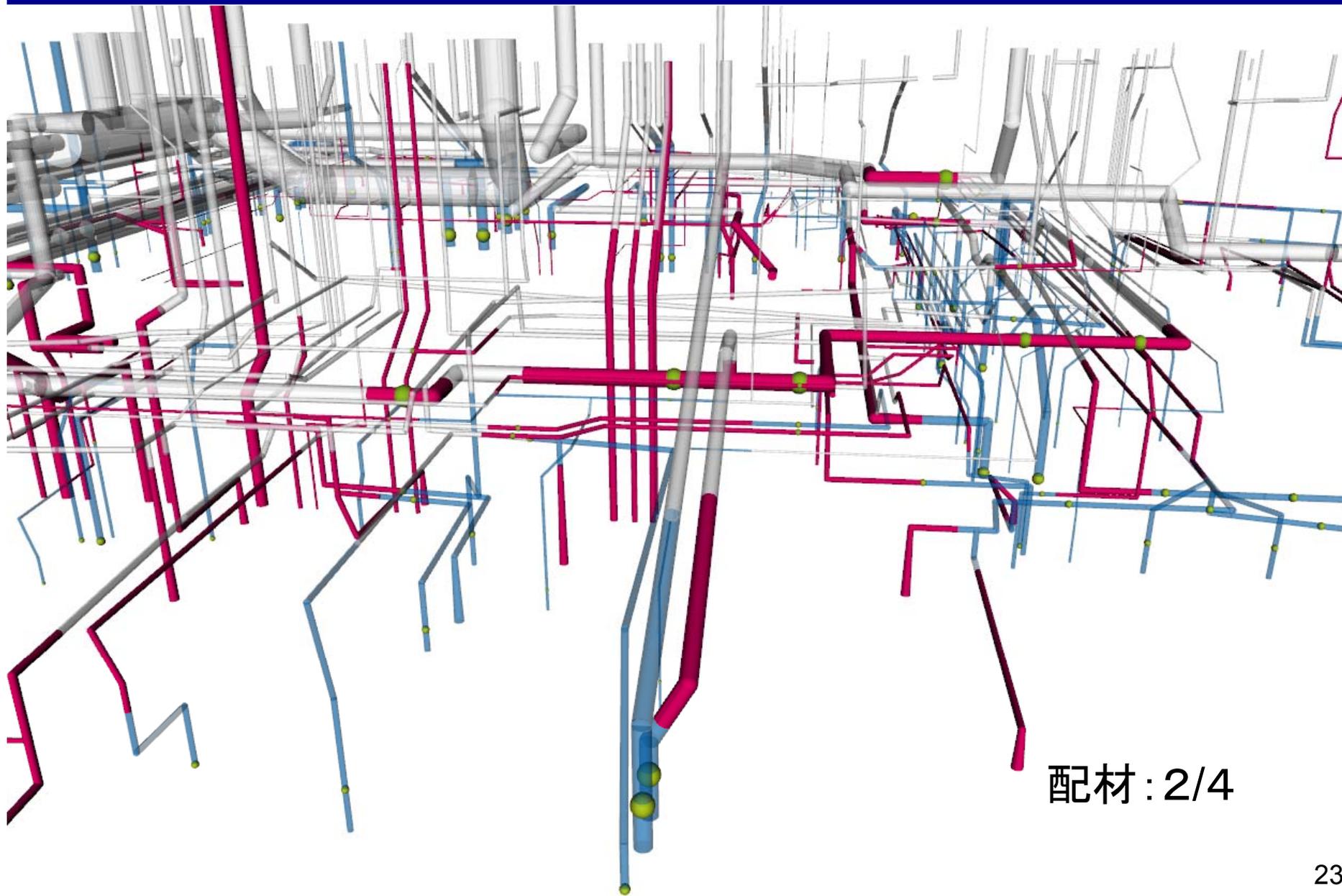
# モデル船A・拡大図



配材: 1/4

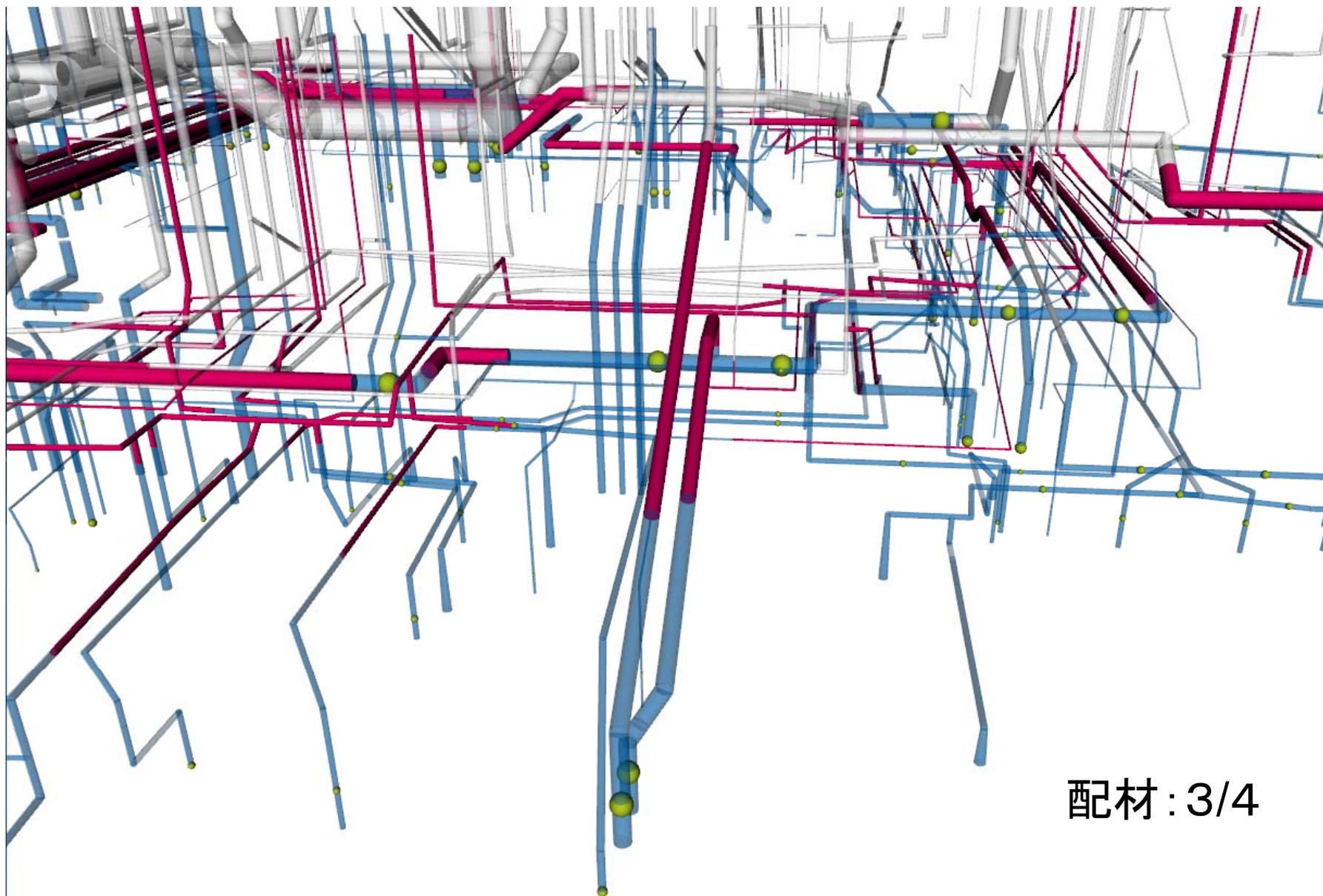


# モデル船A・拡大図





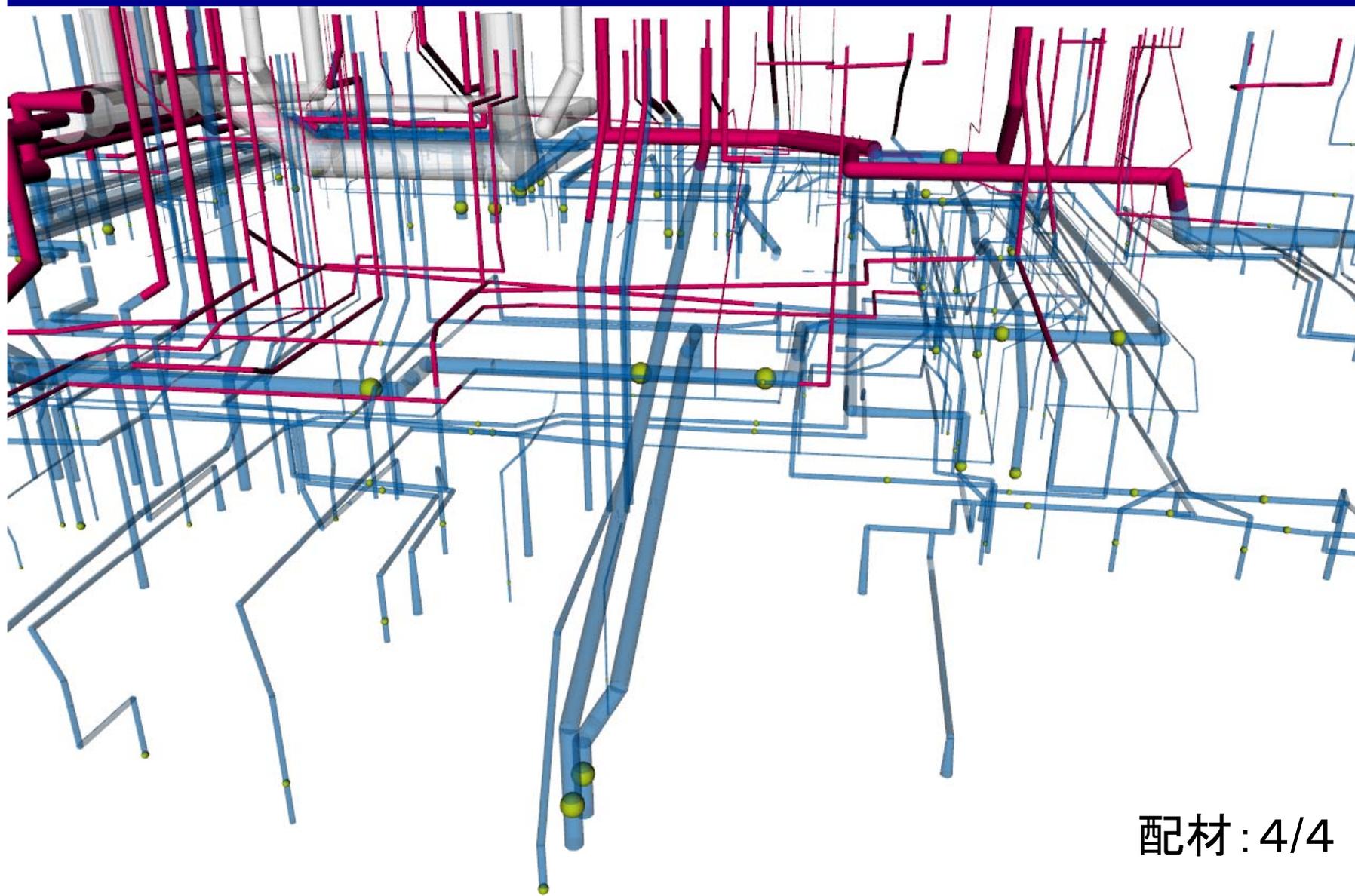
# モデル船A・拡大図



配材 : 3/4



# モデル船A・拡大図



配材：4/4



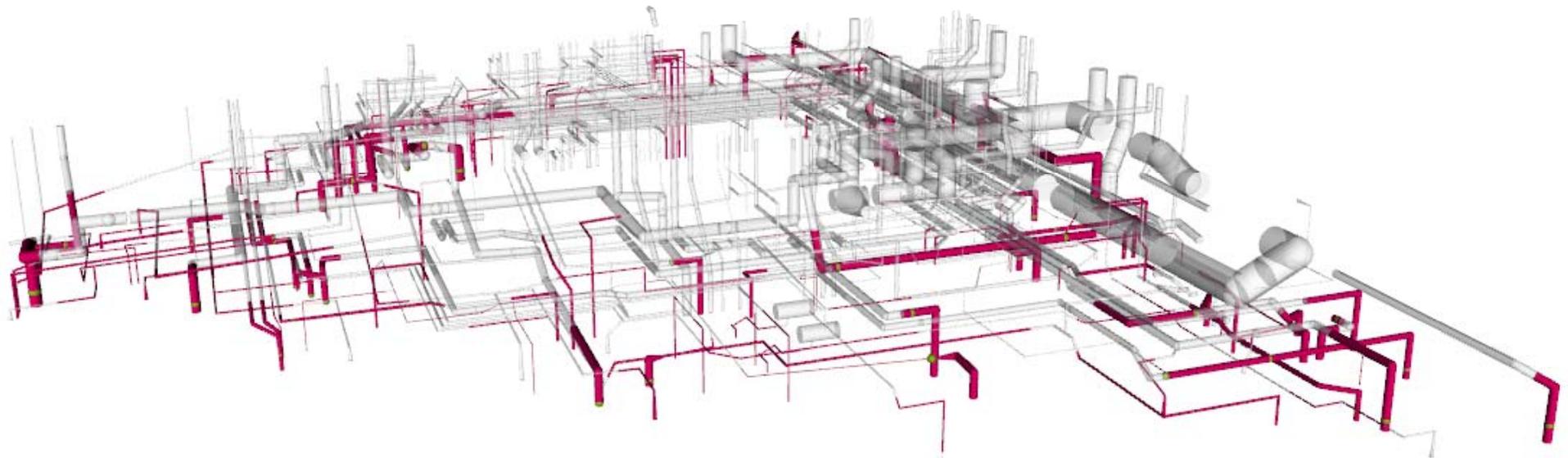
# 配材計画(モデル船B)

- 配材: 1/4

赤: この配材に含まれるパイプ

透明: 後の配材に含まれるパイプ

緑の球: 貫通位置





# 配材計画 (モデル船B)

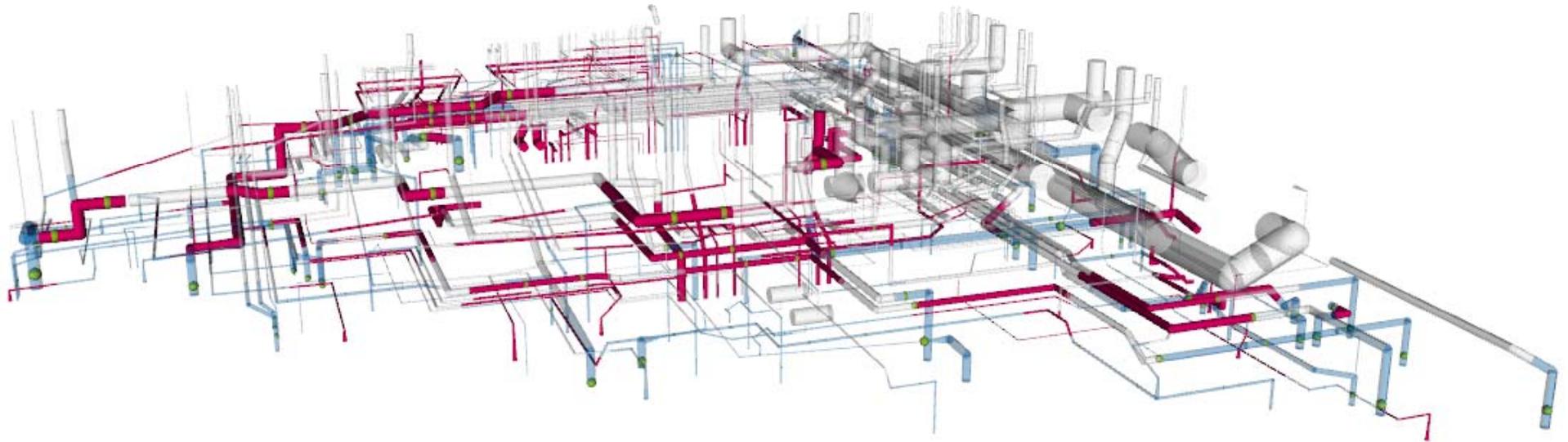
- 配材 : 2/4

赤 : この配材に含まれるパイプ

青 : 前の配材に含まれるパイプ

透明 : 後の配材に含まれるパイプ

緑の球 : 貫通位置





# 配材計画(モデル船B)

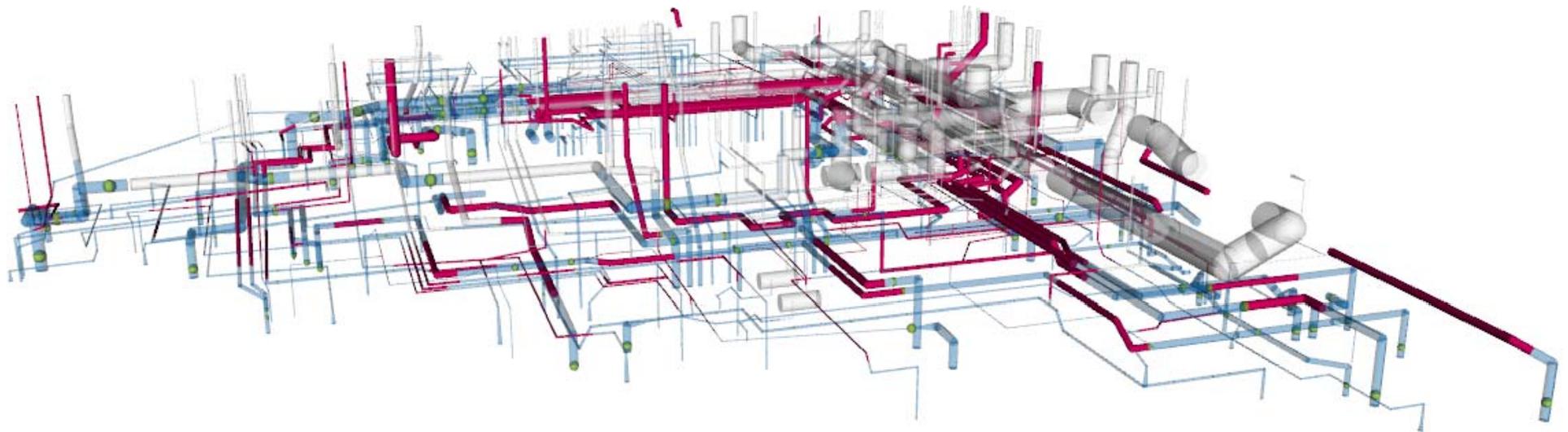
- 配材 : 3/4

赤 : この配材に含まれるパイプ

青 : 前の配材に含まれるパイプ

透明 : 後の配材に含まれるパイプ

緑の球 : 貫通位置





# 配材計画(モデル船B)

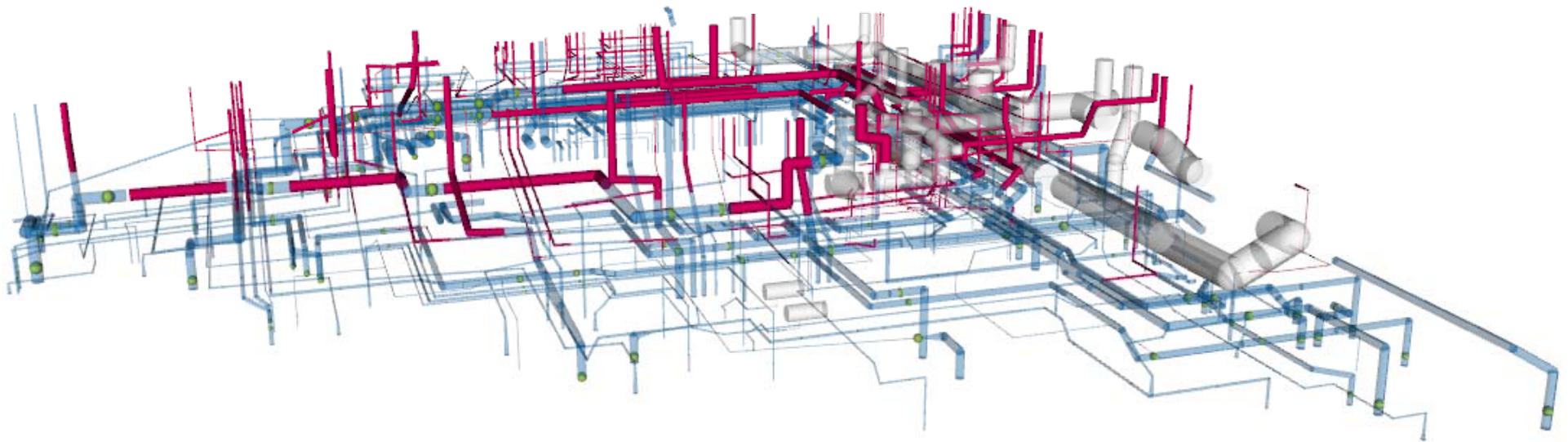
- 配材: 4/4

赤: この配材に含まれるパイプ

青: 前の配材に含まれるパイプ

透明: 後の配材に含まれるパイプ

緑の球: 貫通位置





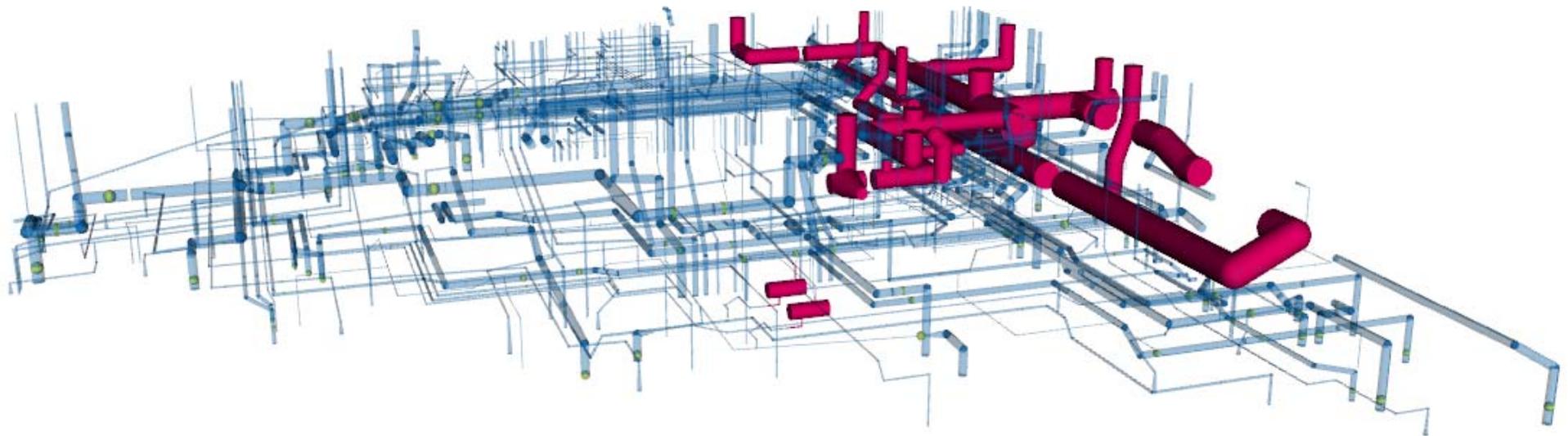
# 配材計画(モデル船B)

- 呼径250mm以上

赤:この配材に含まれるパイプ

青:前の配材に含まれるパイプ

緑の球:貫通位置





# 研究の評価

- パイプのテキストデータを読み込む
- 取り付け順序に従ってソート
- 1/4ずつ表示するX3Dファイルの生成

わずか1秒

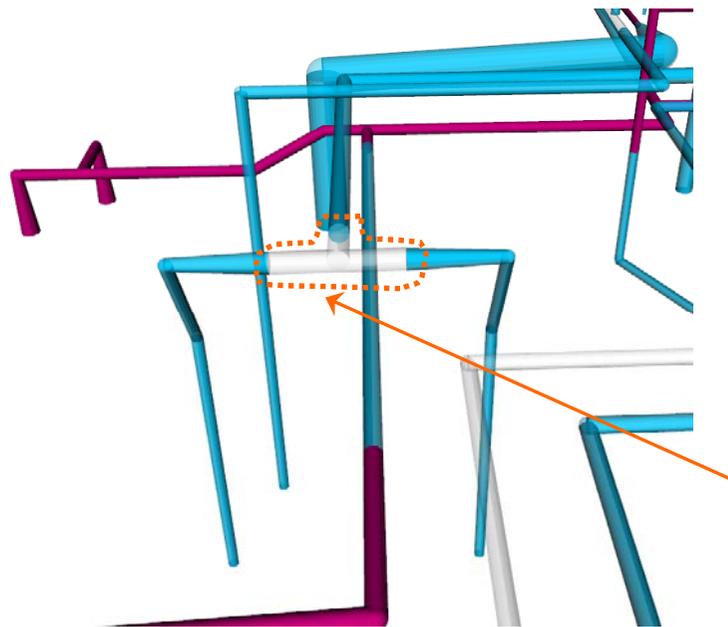
- ◆ 結果を造船所の現場担当者の方に見て頂いた
  - かなり実用レベル
  - 無料で使えるツール
  - 「実際に使って効果を確認してみよう」との評価

- Javaがインストールされていない環境でも実行可能なexeファイル
- 出力ファイルをMATESに取り込んで使用



# 考察1. 取り付け順序の問題

配材2/4における取り付け図

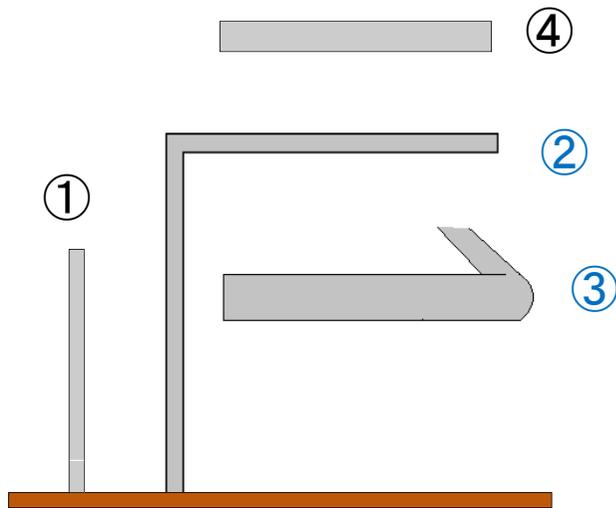


青: 配材1/4に含まれるパイプ  
赤: 配材2/4に含まれるパイプ  
透明: 配材3/4以降に含まれるパイプ

- このパイプ1本だけが配材3/4に含まれる
- 実際の現場では続けて一気に取り付けたい
  
- 残り1本といった場合は、一気に取り付けるようなソートにする必要がある

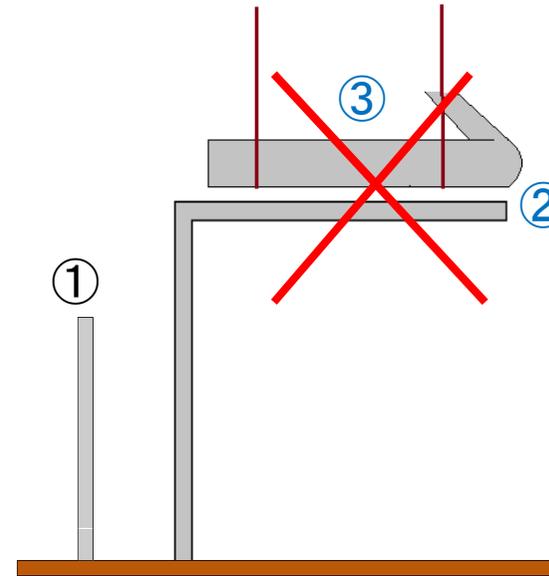


## 考察2. 作業性の問題



取り付け順序

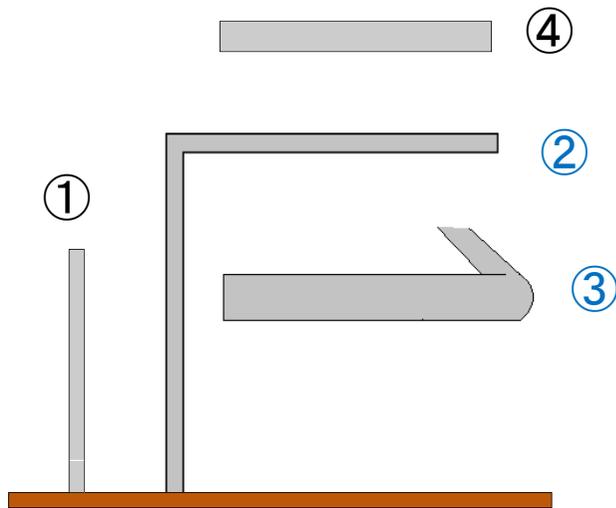
①→②→③→④



先に②を取り付けてしまうと、③がクレーンで取り付けられない

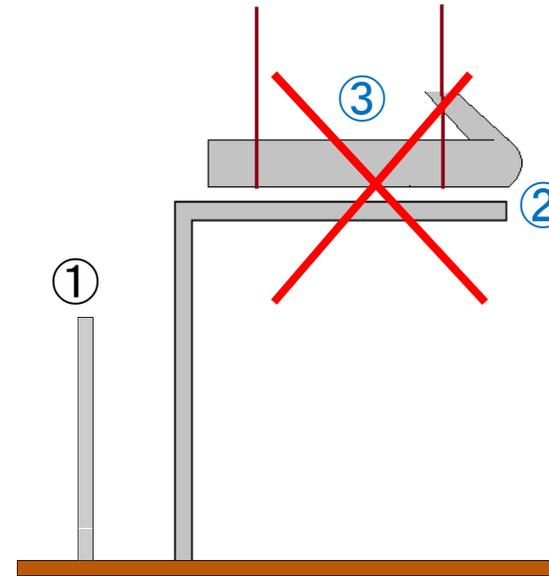


## 考察2. 作業性の問題



取り付け順序

①→②→③→④

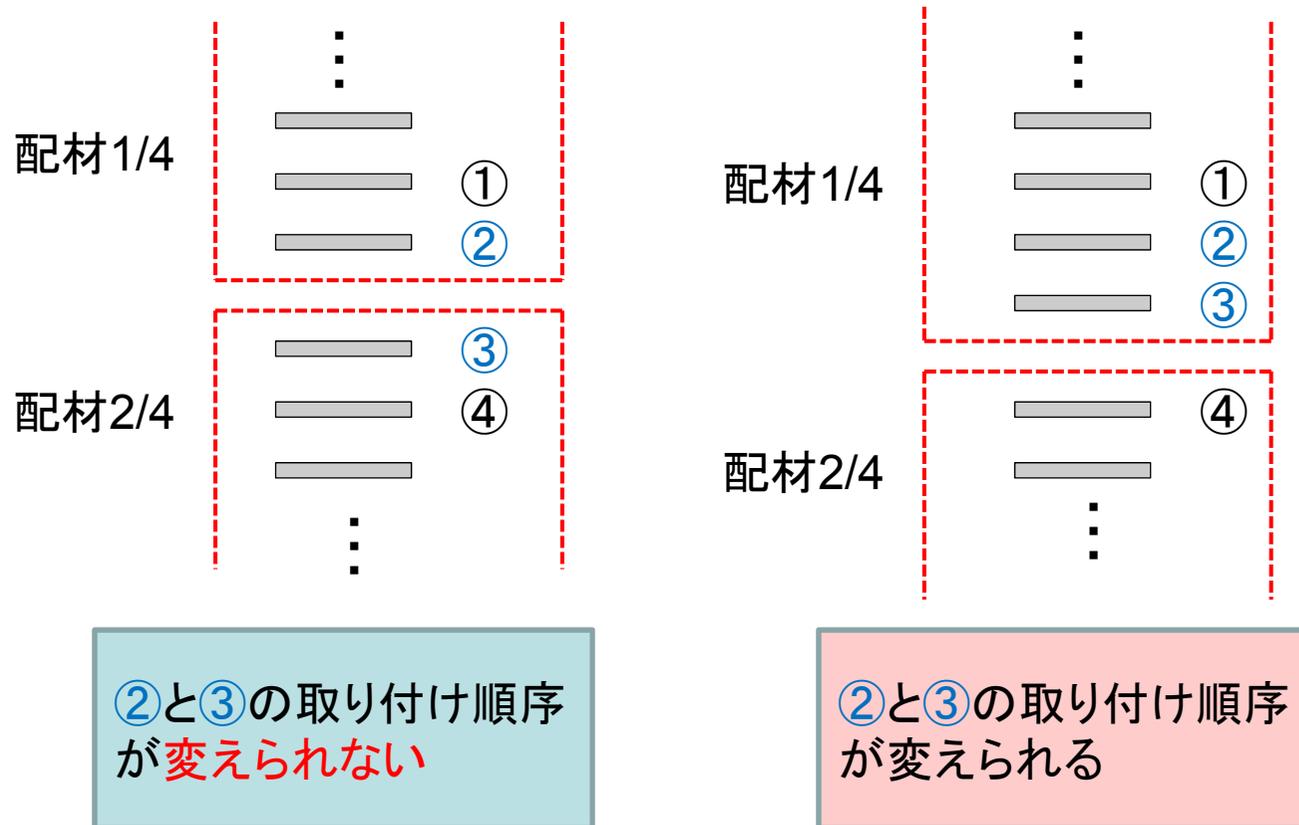


先に②を取り付けてしまうと、③がクレーンで取り付けられない

現場で②と③の取り付け順序を変更できるようにしたい



## 考察2. 作業性の問題

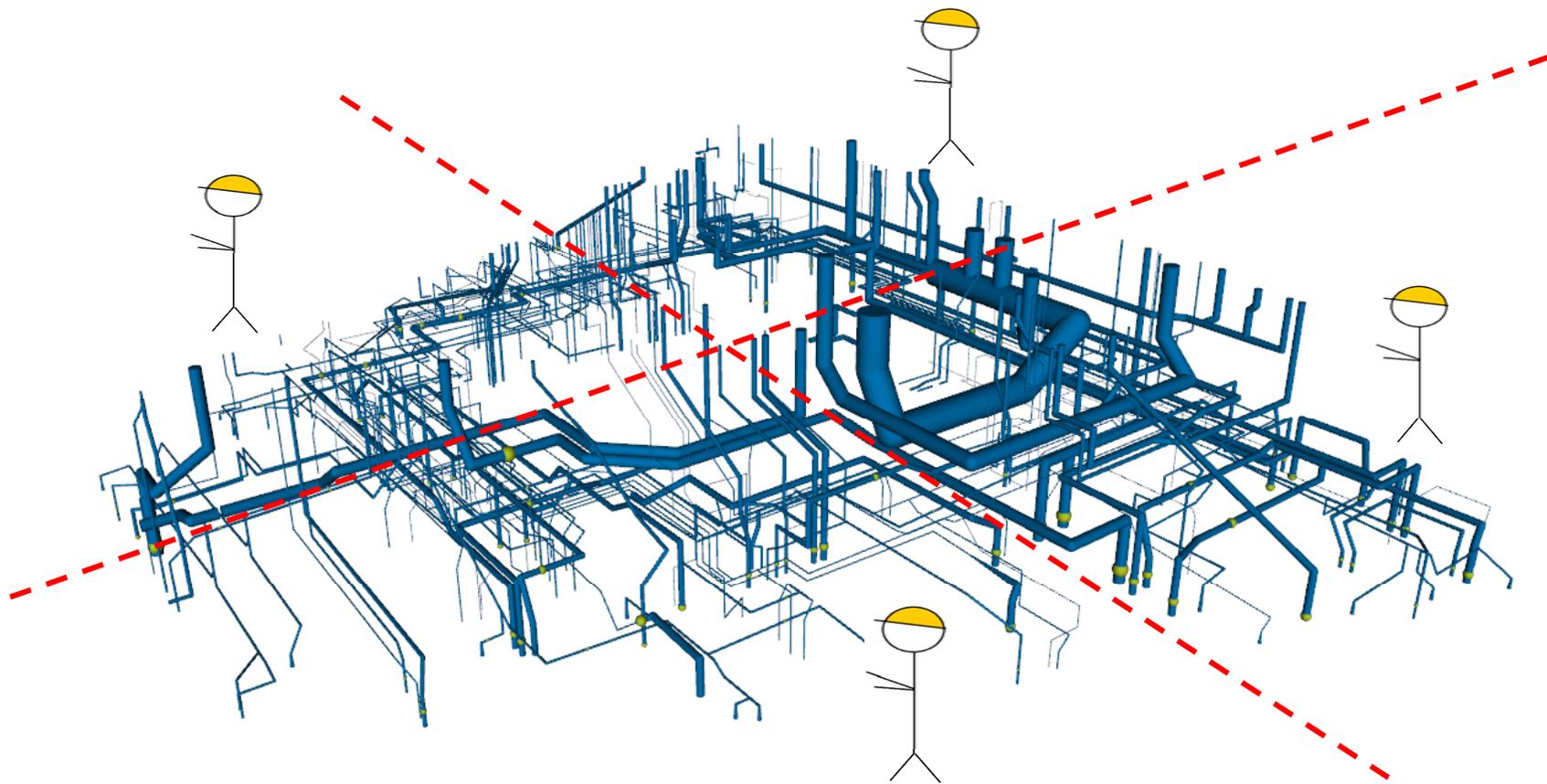


- 後からでは取り付けづらいパイプは、邪魔になっているパイプと同じ配材グループに含まれるようにしなければならない
- **作業性の評価** が必要



## 考察3. エリア分割

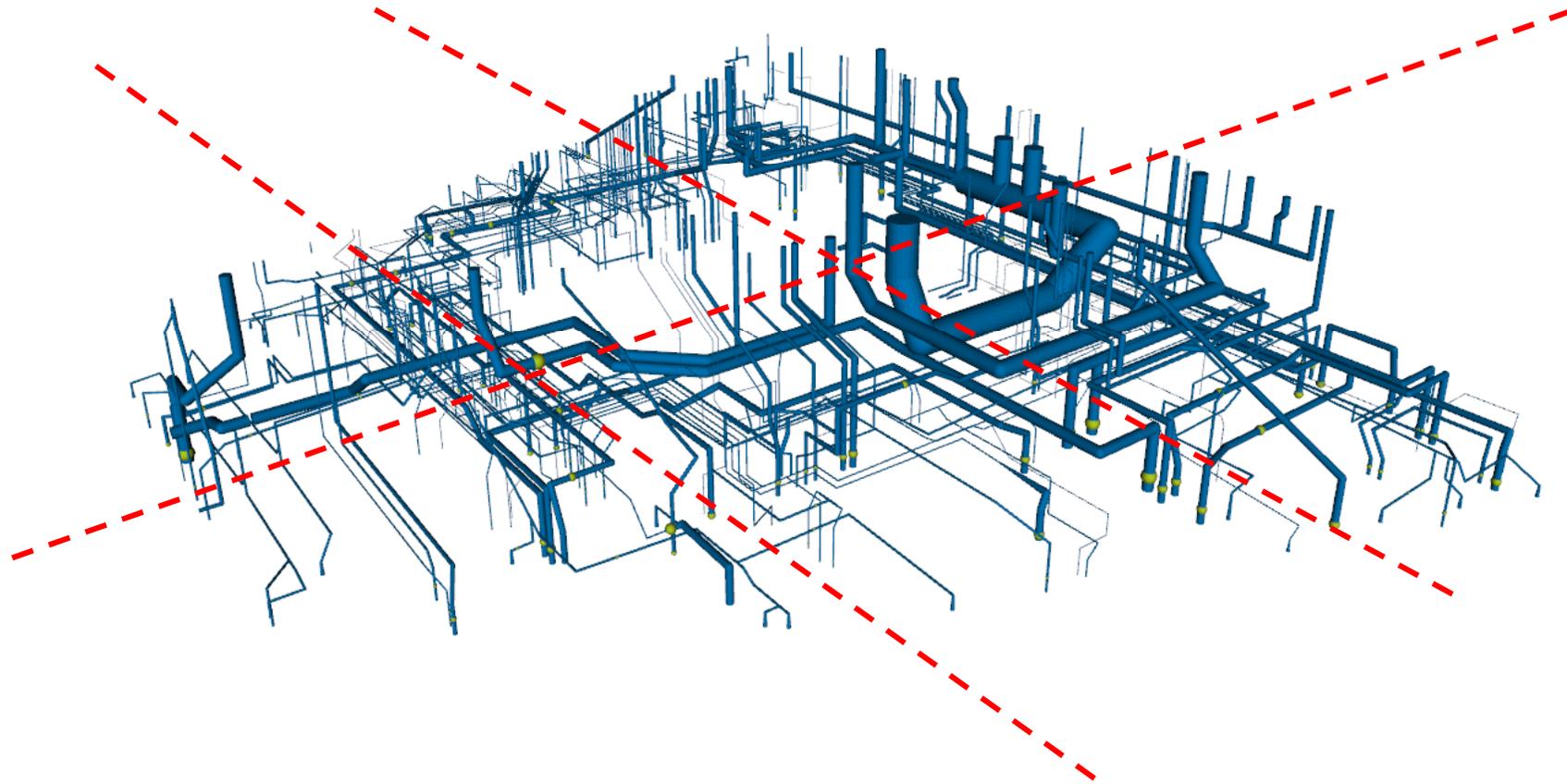
- エンジンルームデッキ裏を4～6分割して、1エリアに作業者1人を割り当てて、並列に作業を行う





## 考察3. 区画割り

- 分割位置は隔壁の位置等で決まる ⇨ 船ごとに異なる
- ユーザーの選択で分割数・分割位置を指定できるように





# まとめ

## 本研究の成果

- ・現場の取り付け順序にしたがって、順序を自動生成
- ・配材を4等分し、X3Dを使ってその様子を3D表示



一度に1000本近く配材されていたものを、1/4ずつ配材されるように減らす

## 今後の課題

- ・パイプ取り付け作業性の評価
- ・より詳細な取り付け順序の決定
- ・区画割り
  
- ・運用による問題点の発見・改善