

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外竜巻 30 R 0
提出年月日	令和 4 年 1 月 26 日

設工認に係る補足説明資料

竜巻防護設計の基本方針に関する

冷却塔の冷却性能について

目 次

1. 概要	1
2. 冷却能力への影響検討について	1
2.1 影響評価の方針	1
2.2 損失係数の設定	2
3. 影響確認結果	4

別紙-1 安全冷却水B冷却塔の冷却性能への影響について

■については、商業機密の観点から公開できません。

1. 概要

本資料は、再処理施設に対する第1回設工認申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下の添付書類に示す竜巻防護設計の基本方針を補足説明するものである。

- ・再処理施設 添付書類「VI-1-1-1-2-3 竜巻防護に関する施設の設計方針」

竜巻防護対象施設のうち冷却塔は、再処理施設の各施設を冷却した後の冷却水を、空気と熱交換することで冷却するための設備である。

本資料では、冷却塔の竜巻防護対策として飛来物防護ネットで冷却塔を覆うことによる冷却塔の冷却性能への影響について説明する。

なお、本資料で示す飛来物防護ネット設置による冷却性能への影響については、今回申請対象以外の再処理施設に係る竜巻防護対象施設のうち冷却塔に対しても適用するものである。

また、本資料は、第1回申請の対象設備を対象とした記載であることから、第2回申請時等の申請対象を踏まえて、記載を拡充していく。

2. 冷却能力への影響検討について

冷却塔に対する竜巻防護対策は、冷却塔の冷却能力に影響を及ぼさないために、空気の流入・流出が可能な防護ネットを主構造とする、飛来物防護ネットを設置する方針としている。

上記方針を踏まえ、飛来物防護ネットの設置が冷却塔の冷却能力に影響を与えないことを確認する。

2.1 影響評価の方針

飛来物防護ネットを設置することで、ファンの吸気側及び排気側で圧力損失が増加する。そのため、飛来物防護ネットを設置することで増加する圧力損失と冷却塔で生じる圧力損失（既知の値）の合計値とファンの静圧（設計要求の空気流量を送り出すための圧力）を比較し、ファンの静圧が上回ることで、冷却塔が要求される冷却能力が維持されていることを確認する。

飛来物防護ネットを設置したことによる、ファン吸気側及び排気側の圧力損失を下式より算出する。ここで、損失係数 ζ は未知数であることから、「2.2 損失係数の設定」に示す試験を用いて設定する。

$$\Delta P = \zeta \times \rho \times \frac{u^2}{2}$$

ΔP : 圧力損失 [Pa]

ζ : 損失係数 [-]

ρ : 比重量 [kg/m³]

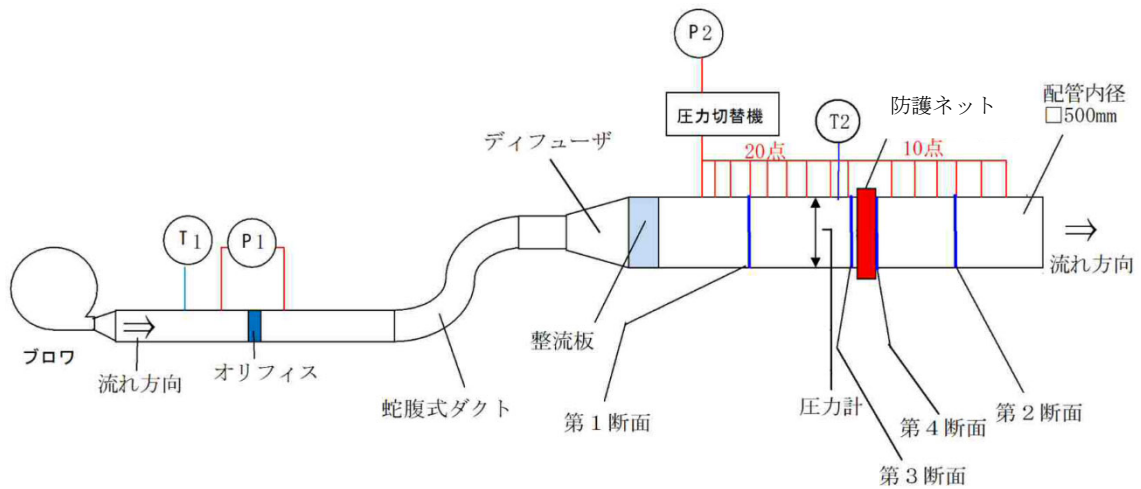
u : 流速 [m/s]

2.2 損失係数の設定

圧力損失を算出するためには、防護ネットを通過する際の損失係数を設定する必要があるが、防護ネット通過時における損失係数に関するデータは文献等では確認できなかつたため、試験結果を用いて設定する。

(1) 測定方法

ネット通過時の損失係数をベルヌーイの定理を用いて算出する。試験装置を第2-1図に示す。試験に用いる防護ネットは、実機と同じ構成(40mmネット1枚+50mmネット2枚(半目ずらし))とする。



第2-1図 試験装置概要図

ネットの上流直管部で十分に流れが安定した断面を第1断面、下流側で十分に流れが安定した断面を第2断面、ネットの上流断面を第3断面、ネットの下流断面を第4断面とする。

第1断面と第2断面の間でベルヌーイの定理を適用すると、下式となる。

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_1 U_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_2 U_2^2 + \Delta h_{13} + \Delta h_{24} + \Delta P_{LOSS} \quad \dots (1)$$

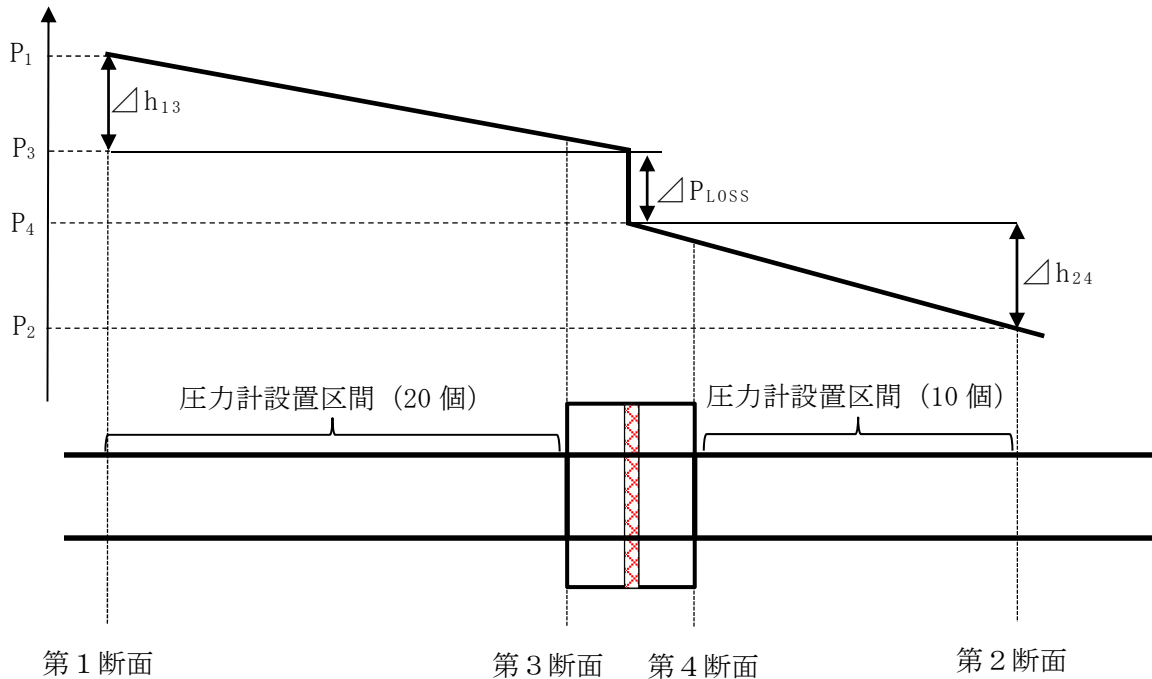
- ここで、
- P_1 : 第1断面における圧力
 - ρ_1 : 第1断面における空気密度
 - U_1 : 第1断面における流速
 - P_2 : 第2断面における圧力
 - ρ_2 : 第2断面における空気密度
 - U_2 : 第2断面における流速
 - Δh_{13} : 第1断面から第3断面の摩擦損失(管部)
 - Δh_{24} : 第2断面から第4断面の摩擦損失(管部)
 - ΔP_{LOSS} : 金網の圧力損失

(2) 測定方法

圧力損失は、第2-1図の試験装置から得られる測定データを元に算出する。また、圧力損失を算出する際は、計器の測定誤差や流路の誤差を考慮する。

圧力損失の測定のイメージ図を第2-2図に示す。

圧力損失



第2-2図 圧力損失の測定イメージ図

第2-2図より、

$$P_3 = P_1 - \Delta h_{13}$$

$$P_4 = P_2 + \Delta h_{24}$$

であることが分かる。

ここで、 Δh_{13} は、それぞれ第1断面から第3断面の間に設置された20個の圧力計より得られた圧力値を最小二乗回帰することで、静圧勾配線を求めて算出する。 Δh_{24} は第2断面から第4断面の間に設置された10個の圧力計より得られた圧力値を用いて同様に算出する。

空気密度及び流速を一定とすると、(1)式は以下のとおりとなる。

$$\Delta P_{Loss} = P_3 - P_4 \quad \dots (2)$$

また、 ΔP_{Loss} は下式より算出される。

$$\Delta P_{Loss} = \frac{1}{2} \rho_1 U_1^2 \zeta \quad \dots (3)$$

(2)及び(3)式より，損失係数は下式より算出される。

$$\zeta = \frac{P_3 - P_4}{\frac{1}{2}\rho_1 U_1^2}$$

(3) 評価結果

測定結果から算出された圧力損失を第2-1表に示す。

第2-1表 測定結果と損失係数

流速 (m/s)	圧力損失 (Pa)	損失係数 (-)
3.0	3.98	0.77
5.4	12.04	0.72
7.0	17.96	0.64
10.1	37.87	0.63

第2-1表より，流速 3.0m/s 時の損失係数を全流速範囲に適用することとする。流速 3.0m/s 時の計算結果 0.77296 より $\zeta = 0.773$ とする。

3. 影響確認結果

冷却塔の評価結果を別紙に示す。

評価の結果，冷却塔のファン静圧は圧力損失を上回っており，冷却能力に影響がないことを確認した。

別紙

外竜巻30【竜巻防護設計の基本方針に関する冷却塔の冷却性能について】

別紙				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
別紙-1	安全冷却水B冷却塔の冷却性能への影響について	1/26	0	
別紙-2				
別紙-3				
別紙-4				
別紙-5				
別紙-6				
別紙-7				
別紙-8				
別紙-9				
別紙-10				
別紙-11				
別紙-12				
別紙-13				
別紙-14				
別紙-15				

令和4年1月26日 R0

別紙-1

安全冷却水B冷却塔の冷却性能への影響について

目次

1. 概要	1
2. 評価対象設備について	1
2.1 安全冷却水 B 冷却塔の機能について	1
2.1 安全冷却水 B 冷却塔の構造について	1
3. 冷却性能への影響確認の方針	4
4. 影響評価方法	4
4.1 記号の定義	4
4.2 圧力損失の算出方法	4
4.3 飛来物防護ネット（A 4 B）の流路設定について	5
5. 評価条件	7
6. 評価結果	7

1. 概要

本資料は、安全冷却水B冷却塔について、飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B）（以下、「飛来物防護ネット（A 4 B）」という。）設置に伴う冷却性能への影響評価を示す。

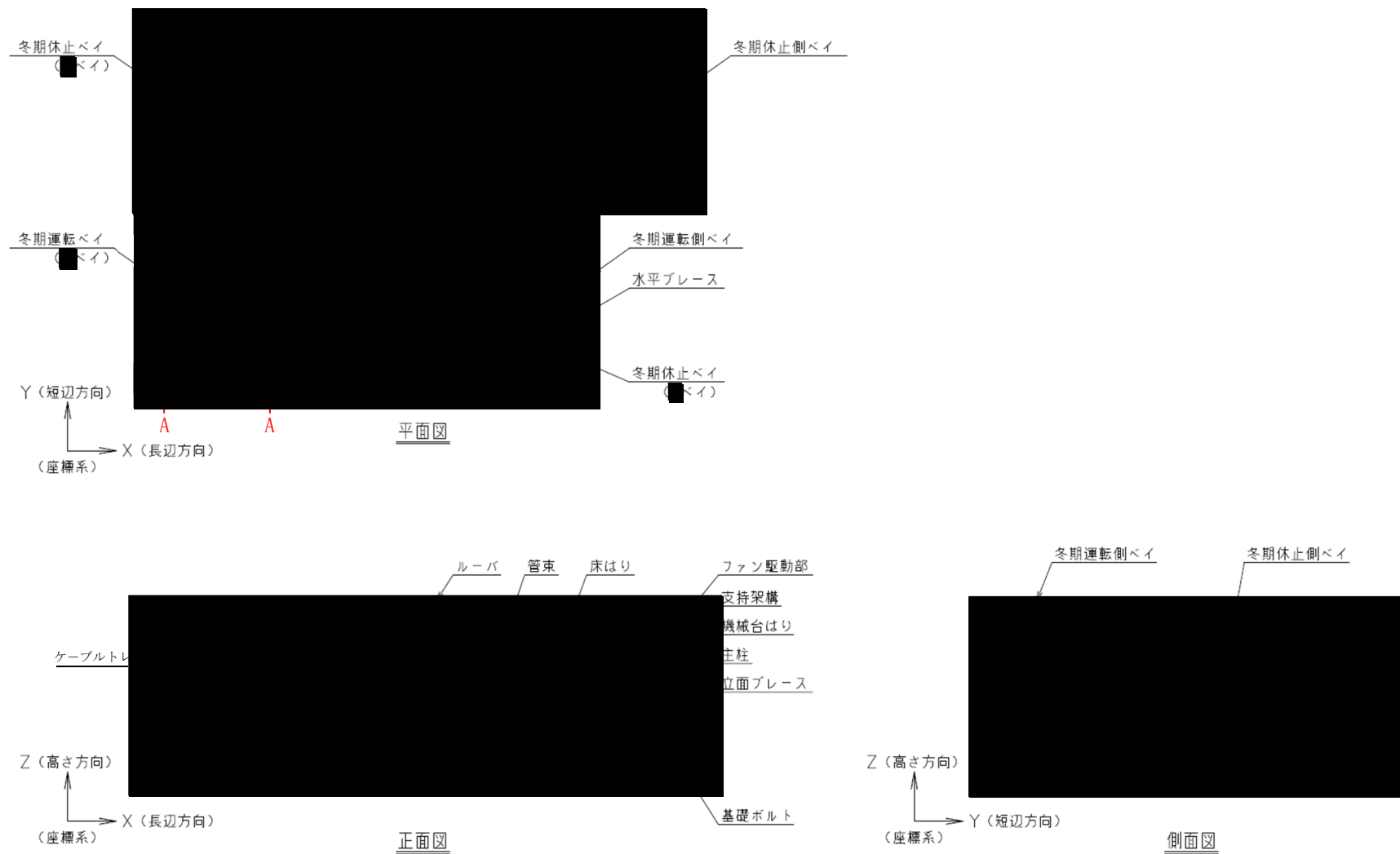
2. 評価対象設備について

2.1 安全冷却水B冷却塔の機能について

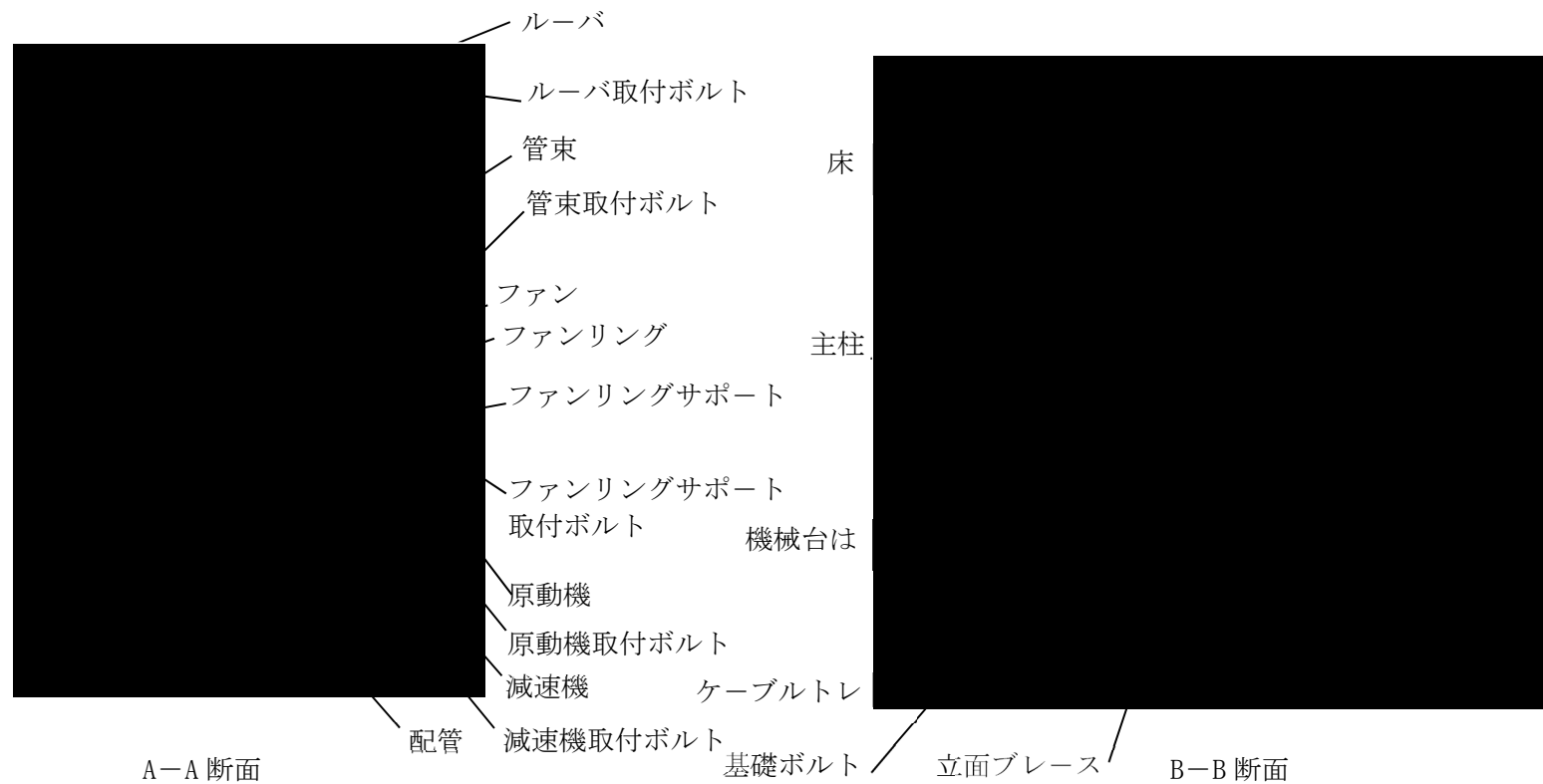
安全冷却水B冷却塔は、再処理施設内の各施設を冷却した後の冷却水を、空気と熱交換することで冷却するための設備である。そのため、安全冷却水B冷却塔は崩壊熱により溶液が沸騰するおそれのある機器の崩壊熱を除去するための冷却能力を有しており、その冷却機能の維持に必要な機器として、支持架構、ファン駆動部、管束及び配管により構成される。

2.2 安全冷却水B冷却塔の構造について

安全冷却水B冷却塔の概要図を第2-1図に示す。また、第2-1図に示したA-A、B-B断面について第2-2図に示す。



第2-1図 安全冷却水 B 冷却塔 概要図



第2-2図 安全冷却水B冷却塔 断面概要図

3. 冷却能力への影響確認の方針

冷却能力への影響確認は本文記載のとおり,安全冷却水B冷却塔について,ファンの静圧と飛来物防護ネット(A4B)設置後の圧力損失を比較し,ファンの静圧が上回ることで冷却塔に必要な冷却能力が維持されていることを確認する。

4. 影響評価方法

4.1 記号の定義

圧力損失の算出に用いる記号を第4-1表に示す。

第4-1表 記号の定義

記号	単位	定義
h	Pa	ファンの設計静圧
u	m/s	ファンの風速
Q _{in}	m ³ /s	ファンの設計吸気風量
Q _{out}	m ³ /s	ファンの排気風量
ρ _{in}	kg/m ³	ネットの吸気側の空気密度
ρ _{out}	kg/m ³	ネットの排気側の空気密度
A _{in}	m ²	ネットの吸気流路の断面積
A _{out}	m ²	ネットの排気流路の断面積
ζ	—	ネットの損失係数
ΔP _{in}	Pa	ネットの吸気の圧力損失
ΔP _{out}	Pa	ネットの排気の圧力損失
ΔP _c	Pa	安全冷却水B冷却塔本体の圧力損失

4.2 圧力損失の算出方法

防護ネットを設置したことによる,ファン吸気側及び排気側の圧力損失については本文記載のとおり次式を用いる。

$$\Delta P = \zeta \times \rho \times \frac{u^2}{2}$$

ΔP : 圧力損失 [Pa]

ξ : 抵抗係数 [-]

ρ : 比重量 [kg/m³]

u : 流速 [m/s]

この時,流速uについては,次式より算出する。

$$u = Q \div A$$

Q : 風量 [m³/s]

A : 空気流路の断面積 [m²]

飛来物防護ネット（A 4 B）を設置することによる吸気及び排気の圧力損失はそれぞれ以下のとおり算出する。

$$\Delta P_{in} = \zeta \times \rho_{in} \times \frac{(Q_{in} \div A_{in})^2}{2}$$

$$\Delta P_{out} = \zeta \times \rho_{out} \times \frac{(Q_{out} \div A_{out})^2}{2}$$

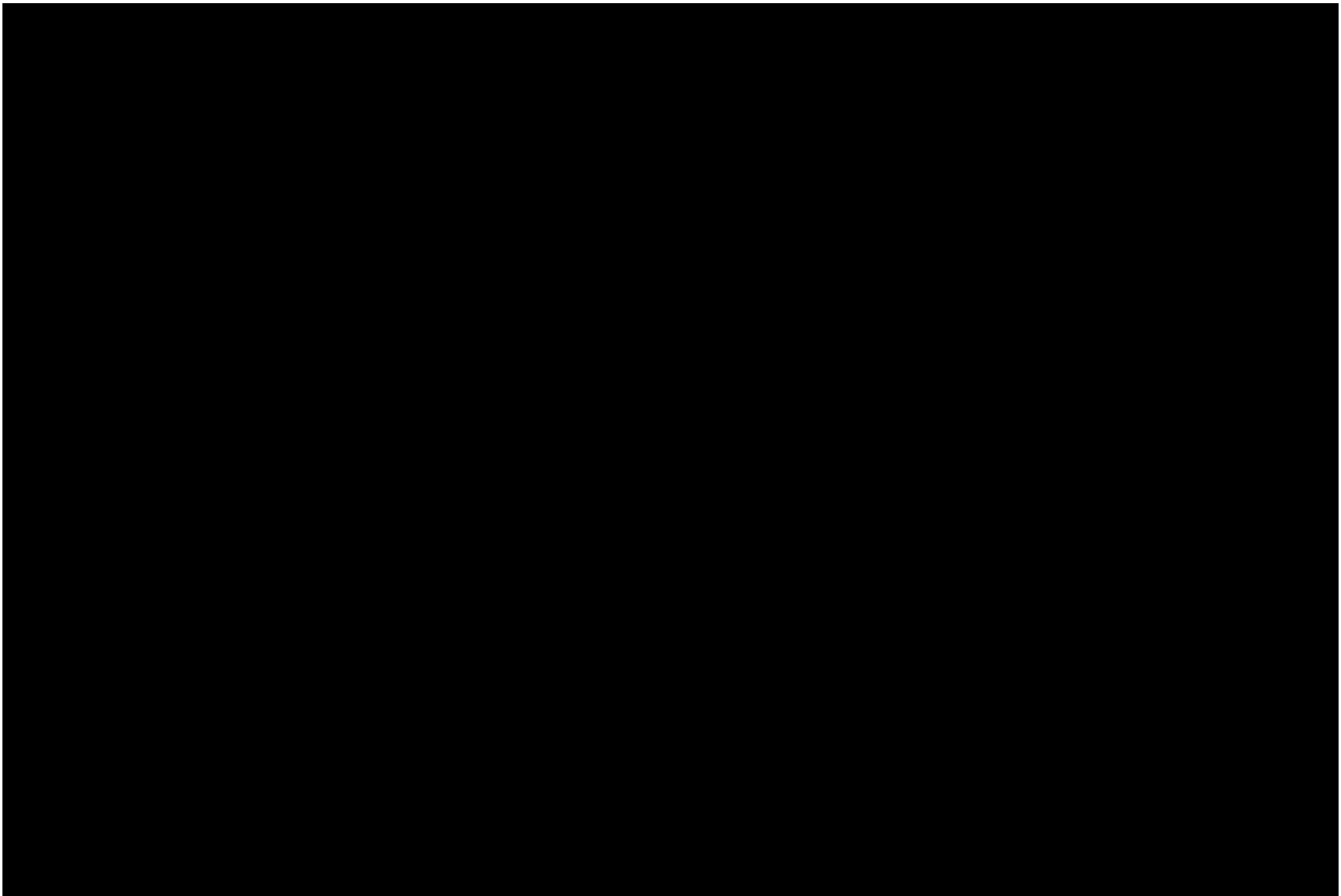
4.3 飛来物防護ネット（A 4 B）の流路設定について

飛来物防護ネット（A 4 B）の圧力損失を算出するため、冷却空気を通過（吸気及び排気）する流路を設定する。

飛来物防護ネット（A 4 B）の吸気側流路は、流路面積を小さくした方が圧力損失は大きくなることから、地上から安全冷却水B冷却塔のファン駆動部のファンリング下端までの高さと同様に、流路の高さを同じとし、流路面積を制限して設定した。また、排気側流路においても同様な考えで安全冷却水B冷却塔の天面開口の投影面と同じ大きさとし、流路面積を制限して設定した。

また、飛来物防護ネット（A 4 B）の吸気側・排気側の圧力損失の算出は、ネットや防護板を考慮し算出する。

第4-1図に飛来物防護ネット（A 4 B）の吸気側及び排気側の流路を示す。



第 4 - 1 図 飛来物防護ネット (A 4 B) の流路

5. 評価条件

影響評価に用いる評価条件を第5-1表に示す。

第5-1表 評価条件

記号	単位	
h	Pa	■
Q_{in}	m^3/s	■
Q_{out}	m^3/s	■
ρ_{in}	kg/m^3	■ (吸気温度: ■°C)
ρ_{out}	kg/m^3	■ (排気温度: ■°C)
A_{in}	m^2	511
A_{out}	m^2	485
ζ	—	0.773

6. 評価結果

冷却に必要な風量時のファン静圧及び各圧力損失(冷却塔本体, 飛来物防護ネット(吸気側), 飛来物防護ネット(排気側))を第6-1表に示す。

冷却に必要な風量時のファン静圧が各圧力損失の合計値よりも大きいことから, 飛来物防護ネット(A4B)による安全冷却水B冷却塔の冷却性能への影響はない。

第6-1表 ファン静圧と圧力損失の比較

		安全冷却水B冷却塔
①ファンの設計静圧: h		■ Pa
②圧力損失	冷却塔本体: ΔP_c	■ Pa
	防護ネット吸気側: ΔP_{in}	■ Pa
	防護ネット排気側: ΔP_{out}	■ Pa
評価	①-②	■ Pa
	評価	○