

懸濁水中の水素ガス及び固体微粒子の挙動解析プログラム の作成

仕様書

1. 一般仕様

1. 1 件名

懸濁水中の水素ガス及び固体微粒子の挙動解析プログラムの作成

1. 2 目的及び概要

本件は、令和7年度開始「廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金（燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発）」に係る東双みらいテクノロジー株式会社からの受託事業「粉状及びスラリー・スラッジ状燃料デブリの取り扱い時における水素挙動の研究開発（ α 線の影響検証他）」において、廃炉環境国際共同研究センター・廃炉システムグループが実施する水素ガスだまりの挙動解析・評価の一環として、水の放射線分解による水素ガスの発生・成長から懸濁水中の水素ガスの運動・挙動までのダイナミクスをシミュレートする解析プログラム、および、懸濁水の内部構造が時間とともに変化すること（不均一化・上澄み形成）が予想されるため、これを構造力学的にシミュレートする解析プログラムの作成を請け負わせるための仕様を定めるものである。

1. 3 仕様範囲

東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置で発生した粉状及びスラリー・スラッジ状の燃料デブリを安全・かつ確実かつ合理的に収納・移送・保管できるシステムの開発に向けて、発生する水素の挙動を考慮した対策や当該燃料デブリなどの保管様式の検討が行われている。その一環として、粉状燃料デブリ保管時を模擬した懸濁水を用いた、懸濁物の沈降状況、及び固体粒子の堆積状況での水素ガスの保持、移動挙動についての試験が行われている。本仕様では、これらの実験条件に基づいた検証解析を行うためのプログラムを作成し、プログラム仕様、使用方法、機能検証結果を報告書に纏める。

1. 4 作業内容

粉状燃料デブリ保管時を模擬した懸濁水中での懸濁物の沈降状況、及び水素ガスの保持、移動挙動を計算するためのプログラムを構築し、シミュレーションを行って、懸濁水中の固体微粒子堆積層の沈降速度、密度分布及び、懸濁液中での水素ガスの上昇速度、流動化速度等について分析し、結果を報告書に纏める。

1. 5 納入品

- (1) 報告書 3部
- (2) 報告書、評価結果、プログラム等を保存したセキュリティ機能付き USB フラッシュメモリ 1式

(報告書のファイル形式は、MS-Word、及び MS-Excel とする。)

1. 6 提出図書

(1) 工程表	契約後速やかに	3 部
(2) 実施計画書	契約後速やかに	3 部
(3) 打ち合わせ議事録	打ち合わせの都度	3 部
(4) 委任状または下請負届*		
(実施体制図含む)	作業業開始 2 週間前まで	1 部

*:原子力機構指定様式

(提出場所)

原子力科学研究所 廃炉環境国際共同研究センター 廃炉システムグループ

1. 7 納期

令和 8 年 6 月 30 日

1. 8 納入場所

原子力科学研究所 廃炉環境国際共同研究センター 廃炉システムグループ 第 3 研究棟 303 号室

1. 9 支給物品及び貸与品

(1) 支給物品

無し

(2) 貸与品

無し

1. 10 検収条件

提出図書および納入品の完納及び内容検査の合格を並びに原子力機構が仕様書に定める業務が実施された時をもって検収とする。

1. 11 検査員及び監督員

検査員：一般検査 管財担当課長

監督員：廃炉環境国際共同研究センター 廃炉システムグループ員

1. 12 知的財産権等

知的財産権等の取扱いについては、別紙1「知的財産権特約条項」に定められたとおりとする。

1. 1.3 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA 機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1. 1.4 その他

- ・受注者は、原子力機構担当者と緊密な連絡を取りつつ作業を行うこと。原子力機構担当者が必要と認めた場合には、随時技術打ち合わせを行うこと。
- ・受注者は、業務上知り得た情報を原子力機構の許可無く第三者に口外してはならない。
- ・受注者は、原子力機構から提出される技術資料、情報等を第三者に提供する場合、予め書面による許可を求め、原子力機構の承認を得なければならない。
- ・本作業による納入物件に関する一切の権利は、原子力機構に帰属するものとする。
- ・貸与品（使用許可品）に関し、本契約以外での使用は、受注者が予め書面による許可を求め、原子力機構の承認を得なければならない。
- ・本仕様書に関して疑義が生じた場合は、双方協議の上、原子力機構が指示する。
- ・原子力機構が、受注者に対し本補助金事業の適正な遂行のため必要な調査に協力を求めた場合にはその求めに応じること。

2. 技術仕様

2. 1 作業対象

本作業の対象は、東京電力福島第一原子力発電所の配置措置で発生する粉状燃料デブリを保管する収納缶内の粉状燃料デブリを含む懸濁水中での水素ガスだまりの挙動を把握するために行う。

2. 2 作業内容

本作業では、懸濁水層と空気層で構成される容器内で懸濁水中に発生する水素の流動現象を明らかにするための解析コードを構築し、解析コードを用いて、実験条件に基づくシミュレーションを行い、結果の分析を行う。特に、(1)粒径の異なる固体微粒子を含む懸濁水中で、懸濁物が重力沈降して重力方向に上澄み液から懸濁物を構成する固体粒子の微小粒径サイズのバラツキや粒子間力の影響で積層状況に与える影響と、(2)懸濁水中でランダムに発生した微小気泡群や積層する固体微粒子によって気泡の成長や上昇運動に与える影響について、解析コードを用いて、以下の個別の実験体系にて段階的にシミュレーション検証し、報告書に取り纏めるものとする。

(1)微細固体粒子の沈降実験

CFD-DEM ソフトウェア (OpenFOAM・CFDEMcoupling) を用いて、マイクロ (μm) オーダーの微粒子の堆積状況 (密度変化) を明らかにする。計算上、微粒子群を粗視化して扱うため、実体系との違いを把握する必要がある。(a)粗視化した複数の固体粒子径が共存する分布状態や干渉する液 (粘度) をパラメータに、沈降への影響を沈降速度等で比較検証する。(b)粒子間の外力の影響は、詳細な分析が必要なため、静電気力や分子間力等の汎用的な影響因子パラメータを調査して、コードへの導入に向けた定式化を行う。

(2)気泡の挙動実験

上記の CFD-DEM ソフトウェアを用いて、マイクロ (μm) オーダーの微固体粒子、及び気泡の分布状態中の気泡の成長、脱泡現象を明らかにする。微粒子群は粗視化及び非ニュートン流体モデルとして溶液の粘性力 (または抵抗力) として扱うため、実体系との違いを把握する必要がある。(a)(1)(a)で再現される固体粒子の堆積状況を初期状態として、固体粒子群の構造変化を伴って、底部より流出するミリ (mm) オーダーの気泡が変形成長する過程をシミュレーションし、流動化条件への影響を比較する。また、(b)広範囲 ($\mu\text{m}\sim\text{mm}$ オーダー) にわたる固体粒子及び気泡分布を同時に DEM 粒子や VOF 関数で取り扱うことが困難な場合には、微細な固体粒子や放射線分解によって発生する球形気泡 ($10\mu\text{m}\sim$) の移動や成長挙動を追跡し、CFD-DEM コードの液相流動の物性値や抵抗力 (または粘性力) にてモデル化するためのプログラムと

そのインターフェースを検討のこと。

以上について、図 1 に示すような体系を基に解析モデルを作成して、水素ガス発生条件、粒子分布状況等の初期条件、境界条件、スラリー性状のもとに、シミュレーションを行い、機能検証（固体粒子の沈降速度、沈降層の密度変化、気泡の流動化速度・上昇速度等）を行うこと。

2. 3 報告書の作成

解析コードの仕様、及び検証結果、調査結果等を報告書にまとめること。

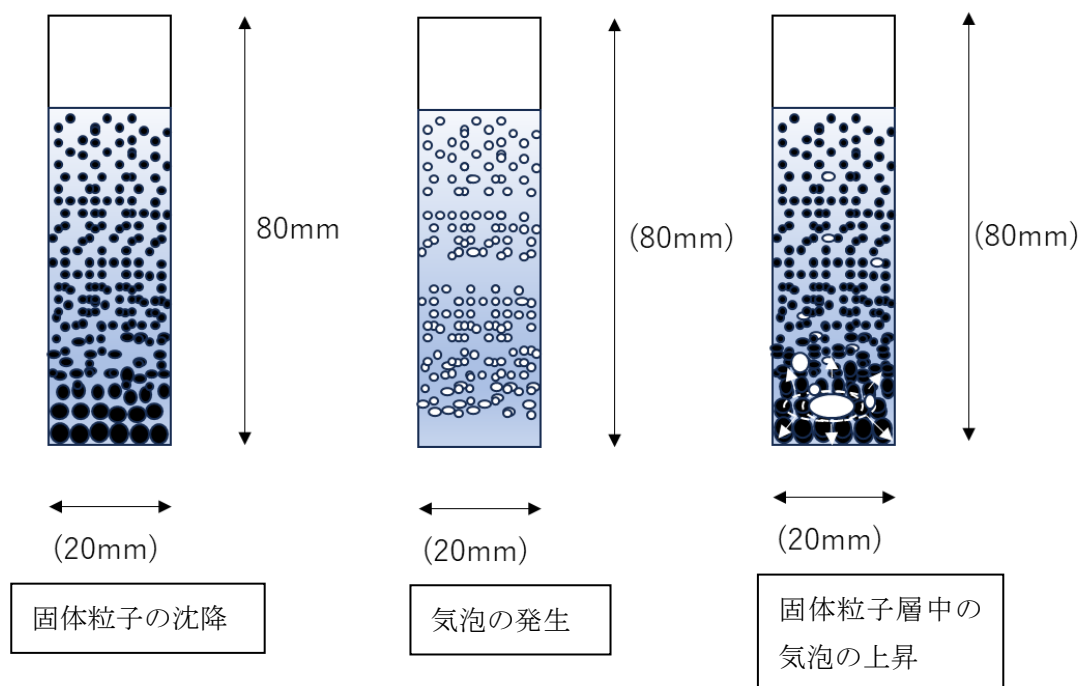
2. 4 原子力機構からの提示情報、貸与品

作成、検証に必要な情報は、原子力機構から受注者に提示する。貸与品はなし。

2. 5 作業に係る留意点

- ・受注者は作業の詳細について発注者の指示に従うこと。
- ・受注者は作業の進捗について随時発注者に報告すること。
- ・本作業の遂行上引用した文献等については、その出典を明らかにすること。
- ・本作業で疑義が生じた場合、受注者は発注者と協議して対処すること。

以上



機能検証

- ・ (1)(a) 粒径 ($50 \sim 250 \mu\text{m}$)、粒子数 ($1\text{e}5 \sim$)、固体充填率 ($0.0 \sim 0.2$)、液動粘度 ($1\text{e}-3 \text{m}^2/\text{s}$) の組み合わせをパラメータとした容器内の沈降 (2 ケース)。特に粗視化の沈降速度への影響。
- ・ (2)(a) 粒径 ($50 \sim 75 \mu\text{m}$)、粒子数 ($1\text{e}5 \sim$)、固体充填率 ($0.0 \sim 0.2$)、液動粘度 ($1\text{e}-3 \text{m}^2/\text{s}$)、微小気泡群 ($10 \mu\text{m}$) の占有率、変形気泡 ($1\text{mm} \sim$) の組み合わせから容器内の気泡の上昇 (2 ケース)。特に VOF と DEM の連成の流動化速度への影響。

なお、粒子数、計算領域については、検証に支障のない範囲で、別途協議。粒径、液粘度等は、実験条件等に基づき、別途提示とする (※)。

(※) 参考値：

(i) Tatsuya Ito, et.al, "Retention of Hydrogen Bubbles Generated from Water Radiolysis in Carbonate Slurry", Nucl.Tech., <https://doi.org/10.1080/00295450.2023.2299893>

(ii) 堀田拓摩他、漏水した高性能容器内炭酸塩スラリーの組成を模擬した炭酸塩スラリーの作成と特性評価、JAEA-Technology 2021-012

(iii) 加藤友彰他、炭酸塩スラリーの作成諸条件や保管期間が化学特性およびレオロジー特性に与える影響、JAEA-Technology 2023-018

(iv) IRID, 令和 4 年度開始廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金 (燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 (粉状、スラリー・スラッジ状燃料デブリの保管までに必要な技術の開発)) 2022 年度最終報告

図 1 解析モデル概要

知的財産権特約条項

(知的財産権の範囲)

第1条 この特約条項において「知的財産権」とは、次の各号に掲げるものをいう。

- (1) 特許法（昭和34年法律第121号）に規定する特許権（以下「特許権」という。）、実用新案法（昭和34年法律第123号）に規定する実用新案権（以下「実用新案権」という。）、意匠法（昭和34年法律第125号）に規定する意匠権（以下「意匠権」という。）、半導体集積回路の回路配置に関する法律（昭和60年法律第43号）に規定する回路配置利用権（以下「回路配置利用権」という。）、種苗法（平成10年法律第83号）に規定する育成者権（以下「育成者権」という。）及び外国における上記各権利に相当する権利（以下「産業財産権等」と総称する。）
- (2) 特許法に規定する特許を受ける権利、実用新案法に規定する実用新案登録を受ける権利、意匠法に規定する意匠登録を受ける権利、半導体集積回路の回路配置に関する法律第3条第1項に規定する回路配置利用権の設定の登録を受ける権利、種苗法第3条に規定する品種登録を受ける地位及び外国における上記各権利に相当する権利（以下「産業財産権等を受ける権利」と総称する。）
- (3) 著作権法（昭和45年法律第48号）に規定するプログラムの著作物及びデータベースの著作物（以下「プログラム等」という。）の著作権並びに外国における上記各権利に相当する権利（以下「プログラム等の著作権」と総称する。）
- (4) コンテンツの創造、保護及び活用の促進に関する法律（平成16年法律第81号）に規定するコンテンツで甲が本契約において制作を委託するコンテンツ（以下「コンテンツ」という。）の著作権（以下「コンテンツの著作権」という。）
- (5) 前各号に掲げる権利の対象とならない技術情報のうち秘匿することが可能なものであって、かつ、財産的価値のあるものの中から、甲、乙協議の上、特に指定するもの（以下「ノウハウ」という。）を使用する権利

2 この特約条項において、「発明等」とは、特許権の対象となるものについては発明、実用新案権の対象となるものについては考案、意匠権、回路配置利用権及びプログラム等の著作権の対象となるものについては創作、育成者権の対象となるものについては育成並びにノウハウを使用する権利の対象となるものについては案出をいう。

3 この特約条項において知的財産権の「実施」とは、特許法第2条第3項に定める行為、実用新案法第2条第3項に定める行為、意匠法第2条第3項に定める行為、半導体集積回路の回路配置に関する法律第2条第3項に定める行為、種苗法第2条第5項に定める行為、プログラム等の著作権については著作権法第2条第1項

第15号及び同項第19号に定める行為、コンテンツの著作権については著作権法第2条第1項第7の2号、第9の5号、第11号にいう翻案、第15号、第16号、第17号、第18号及び第19号に定める行為並びにノウハウの使用をいう。

(乙が単独で行った発明等の知的財産権の帰属)

第2条 本契約に関して、乙単独で発明等を行ったときは、甲は、乙が次の各号のいずれの規定も遵守することを書面で甲に届け出た場合、当該発明等に係る知的財産権を乙から譲り受けないものとする。(以下、乙に単独に帰属する知的財産権を「単独知的財産権」という。)

- (1) 乙は、本契約に係る発明等を行ったときは、遅滞なく次条の規定により、甲にその旨を報告する。
 - (2) 乙は、甲が国の要請に基づき公共の利益のために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求める場合には、無償で当該知的財産権を実施する権利を国に許諾する。
 - (3) 乙は、当該知的財産権を相当期間活用していないと認められ、かつ、当該知的財産権を相当期間活用していないことについて正当な理由が認められない場合において、甲が国の要請に基づき当該知的財産権の活用を促進するために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求めるときは、当該知的財産権を実施する権利を第三者に許諾する。
 - (4) 乙は、甲以外の第三者に委託業務の成果にかかる知的財産権の移転又は専用実施権(仮専用実施権を含む。)若しくは専用利用権の設定その他日本国内において排他的に実施する権利の設定若しくは移転の承諾(以下「専用実施権等の設定等」という。)をするときは、合併又は分割により移転する場合及び次のイからハまでに規定する場合を除き、あらかじめ甲に通知し、承認を受けなければならない。
 - イ 乙が株式会社である場合、乙がその子会社(会社法(平成17年法律第86号)第2条第3号に規定する子会社をいう。)又は親会社(同法第4号に規定する親会社をいう。)に移転又は専用実施権等の設定等をする場合
 - ロ 乙が承認TLO(大学等における技術に関する研究成果の民間事業者への移転の促進に関する法律(平成10年法律第52号)第4条第1項の承認を受けた者(同法第5条第1項の変更の承認を受けた者を含む。))又は認定TLO(同法第12条第1項又は同法第13条第1項の認定を受けた者)に移転又は専用実施権等の設定等をする場合
 - ハ 乙が技術研究組合である場合、乙がその組合員に移転又は専用実施権等の設定等をする場合
- 2 甲は、乙が前項に規定する書面を提出しない場合、乙から当該知的財産権を無償で(第7条に規定する費用を除く。)譲り受けるものとする。

- 3 乙は、第1項の書面を提出したにもかかわらず同項各号の規定のいずれかを満たしておらず、かつ満たしていないことについて正当な理由がないと甲が認める場合、当該知的財産権を無償で甲に譲り渡さなければならない。

(知的財産権の報告)

第3条 乙は、本契約に係る産業財産権等の出願又は申請をするときは、あらかじめ出願又は申請に際して提出すべき書類の写しを添えて甲に通知しなければならない。

- 2 乙は、前項に係る国内の特許出願、実用新案登録出願、意匠登録出願を行う場合は、特許法施行規則第23条第6項及び同規則様式26備考24等を参考にし、当該出願書類に国の委託事業に係る研究の成果による出願であることを表示しなければならない。
- 3 乙は、第1項に係る産業財産権等の出願又は申請に関して設定の登録等を受けた場合には、設定の登録等の日から30日以内に、甲に文書により通知しなければならない。
- 4 乙は、本契約に係るプログラム等又はコンテンツが得られた場合には、著作物が完成した日から30日以内に、甲に文書により通知しなければならない。
- 5 乙は、単独知的財産権を自ら実施したとき、及び第三者にその実施を許諾したとき（ただし、第5条第2項に規定する場合を除く。）は、甲に文書により通知しなければならない。

(単独知的財産権の移転)

第4条 乙は、単独知的財産権を甲以外の第三者に移転する場合には、当該移転を行う前に、その旨を甲に文書で提出し、承認を受けなければならない。ただし、合併又は分割により移転する場合及び第2条第1項第4号イからハまでに定める場合には、当該移転の事実を文書より甲に通知するものとする。

- 2 乙は、前項のいずれの場合にも、第2条、前条、次条及び第6条の規定を準用すること、並びに甲以外の者に当該知的財産権を移転するとき又は専用実施権等を設定等するときは、あらかじめ甲の承認を受けることを当該第三者と約定させ、かつ、第2条第1項に規定する書面を甲に提出させなければならない。

(単独知的財産権の実施許諾)

第5条 乙は、単独知的財産権について甲以外の第三者に実施を許諾する場合には、甲に文書により通知しなければならない。また、第2条の規定の適用に支障を与えないよう当該第三者と約定しなければならない。

- 2 乙は、単独知的財産権に関し、甲以外の第三者に専用実施権等の設定等を行う場合には、当該設定等を行う前に、文書により甲及び国の承認を受けなければなら

ない。ただし、第2条第1項第4号イからハまでに定める場合には、当該専用実施権等設定の事実を文書により甲に通知するものとする。

- 3 甲は、単独知的財産権を無償で自ら試験又は研究のために実施することができる。甲が甲のために乙以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に再実施権を許諾する場合は、乙の承諾を得た上で許諾するものとし、その実施条件等は甲、乙協議の上決定する。

(単独知的財産権の放棄)

第6条 乙は、単独知的財産権を放棄する場合は、当該放棄を行う前に、その旨を甲に報告しなければならない。

(単独知的財産権の管理)

第7条 甲は、第2条第2項の規定により乙から単独知的財産権又は当該知的財産権を受ける権利を譲り受けたときは、乙に対し、乙が当該権利を譲り渡すときまでに負担した当該知的財産権の出願又は申請、審査請求及び権利の成立に係る登録までに必要な手続に要したすべての費用を支払うものとする。

(甲及び乙が共同で行った発明等の知的財産権の帰属)

第8条 本契約に関して、甲及び乙が共同で発明等を行ったときは、当該発明等に係る知的財産権は甲及び乙の共有とする。ただし、乙は、次の各号のいずれの規定も遵守することを書面で甲に届け出なければならない。(以下、甲と乙が共有する知的財産権を「共有知的財産権」という。)

- (1) 当該知的財産権の出願等権利の成立に係る登録までに必要な手続は乙が行い、第3条の規定により、甲にその旨を報告する。
- (2) 乙は、甲が国の要請に基づき公共の利益のために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求める場合には、無償で当該知的財産権を実施する権利を国に許諾する。
- (3) 乙は、当該知的財産権を相当期間活用していないと認められ、かつ、当該知的財産権を相当期間活用していないことについて正当な理由が認められない場合において、甲が国の要請に基づき当該知的財産権の活用を促進するために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求めるときは、当該知的財産権を実施する権利を第三者に許諾する。

2 甲は、乙が前項で規定する書面を提出しない場合、乙から当該知的財産権のうち乙が所有する部分が無償で譲り受けるものとする。

3 乙は、第1項の書面を提出したにもかかわらず同項各号の規定のいずれかを満たしておらず、さらに満たしていないことについて正当な理由がないと甲が認める場

合、当該知的財産権のうち乙が所有する部分が無償で甲に譲り渡さなければならない。

(共有知的財産権の移転)

第9条 甲及び乙は、共有知的財産権のうち自らが所有する部分を相手方以外の第三者に移転する場合には、当該移転を行う前に、その旨を相手方に通知して文書による同意を得なければならない。

(共有知的財産権の実施許諾)

第10条 甲及び乙は、共有知的財産権について第三者に実施を許諾する場合には、あらかじめ相手方に通知して文書による同意を得なければならない。

(共有知的財産権の実施)

第11条 甲は、共有知的財産権を試験又は研究以外の目的に実施しないものとする。

ただし、甲は甲のために乙以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に実施許諾する場合は、無償で当該第三者に実施許諾することができるものとする。

2 乙が共有知的財産権について自ら商業的实施をするときは、甲が自ら商業的实施をしないことにかんがみ、乙の商業的实施の計画を勘案し、事前に実施料等について甲、乙協議の上、別途実施契約を締結するものとする。

(共有知的財産権の放棄)

第12条 甲及び乙は、共有知的財産権を放棄する場合は、当該放棄を行う前に、その旨を相手方に通知して文書による同意を得なければならない。

(共有知的財産権の管理)

第13条 共有知的財産権に係る出願等を甲、乙共同で行う場合、共同出願契約を締結するとともに、出願等権利の成立に係る登録までに必要な費用は、当該知的財産権に係る甲及び乙の持分に応じて負担するものとする。

(知的財産権の帰属の例外)

第14条 本契約の目的として作成される提出書類、プログラム等及びその他コンテンツ等の納品物に係る著作権は、すべて甲に帰属する。

2 第2条第2項及び第3項並びに第8条第2項及び第3項の規定により著作権を乙から甲に譲渡する場合、又は前項の納品物に係る著作権の場合において、当該著作物を乙が自ら創作したときは、乙は、著作者人格権を行使しないものとし、当該著作物を乙以外の第三者が創作したときは、乙は、当該第三者が著作者人格権

を行使しないように必要な措置を講じるものとする。

(秘密の保持)

第15条 甲及び乙は、第2条及び第8条の発明等の内容を出願公開等により内容が公開される日まで他に漏えいしてはならない。ただし、あらかじめ書面により出願申請を行った者の了解を得た場合はこの限りではない。

(委任・下請負)

第16条 乙は、本契約の全部又は一部を第三者に委任し、又は請け負わせた場合においては、当該第三者に対して本特約条項の各条項の規定を準用するものとし、乙はこのために必要な措置を講じなければならない。

2 乙は、前項の当該第三者が本特約条項に定める事項に違反した場合には、甲に対し全ての責任を負うものとする。

(協議)

第17条 第2条及び第8条の場合において、単独若しくは共同の区別又は共同の範囲等について疑義が生じたときは、甲、乙協議して定めるものとする。

(有効期間)

第18条 本特約条項の有効期限は、本契約締結の日から当該知的財産権の消滅する日までとする。