



第4項  
健康への影響

## 試験ガイドライン No.458

化学物質のアンドロゲンアゴニストおよび  
アンタゴニスト活性の検出を目的とした、  
安定に形質移入されたヒトアンドロゲン  
受容体の転写活性化試験

2023年7月4日

経済協力開発機構（OECD）の化学  
物質の試験に関するガイドライン

## 化学物質の試験に関する OECD ガイドライン

類似の in vitro 法によるアンドロゲン受容体転写活性化 (ARTA) 試験ガイドライン

# 1 はじめに

1. 内分泌系かく乱は、(i) 内分泌系に関連する核内受容体を介したホルモン作用、(ii) ステロイド産生酵素等を介したホルモン産生、(iii) ホルモンの代謝活性化または不活性化、(iv) 標的組織へのホルモン分布、(v) ホルモンの体内からのクリアランス等を含む様々な機序により発生する。本試験ガイドライン（TG）は、アンドロゲン調節性レポーター遺伝子の転写活性化および阻害のみを対象とする。
2. 本試験ガイドライン記載の試験法の結果を、*in vivo* の細胞プロセスまたは生理学的プロセスにおけるアンドロゲン調節の複雑な状況に直接外挿するべきではない。
3. 本試験ガイドラインでは、アゴニストおよびアンタゴニストを検出するアンドロゲン受容体転写活性化（ARTA）試験法について説明する。本ガイドラインは、アンドロゲン受容体アゴニストおよびアンタゴニスト同定のための、機構的および機能的に類似した複数の試験法で構成されている。本試験ガイドラインに記載されている、十分に検証された参照試験法は以下のとおりである。
  - AR-EcoScreen™細胞株を用いた AR-EcoScreen™法 (1)（試験法 1、補遺 C に記載）
  - AR-CALUX®細胞株を用いた AR-CALUX®法 (2)（試験法 2、補遺 D に記載）
  - 22Rv1/MMTV\_GR-KO 細胞株を用いた ARTA 法 (3)（試験法 3、補遺 E に記載）
4. これらの 3 つの試験法は、同じ評価項目、すなわちリガンドが結合したアンドロゲン受容体によるレポーター遺伝子の転写活性化を対象としている（段落 5 および 6 参照）。試験法間の類似点および相違点の概要を補遺 B（表 B.1 および B.2）に示す。これらの 3 つの試験法はすべて 96 ウェルプレートで実施されるが、AR-CALUX®試験法についてはハイスループットの適用例も報告されている (4)（しかし、OECD ガイダンス文書 34、2020 によれば検証はまだ行われていない）。試験法 1 には、アンタゴニストではなくアゴニスト検出のための特異性対照が含まれるのに対し、試験法 2 および試験法 3 には、測定対象が競合的アンタゴニストであることを保証するために、アンタゴニストアッセイのための特異性対照が含まれる。各試験法には、異なるプロトコルおよび試験ランの許容基準がある。各試験法には、アゴニストおよびアンタゴニスト活性を結論付けるための、それぞれ固有のデータ解析基準がある。

## 本試験ガイドライン記載の試験法の背景と原理

5. *In vitro* 転写活性化（TA）法は、化学物質の特定の受容体への結合、転写活性化に続くレポーター遺伝子（*luc* 遺伝子等）の転写および翻訳に基づいている。これらの試験では様々なレポーター遺伝子を用いることができる。TA 法は、エストロゲン受容体（ER）やアンドロゲン受容体（AR）などの特異的な核内受容体によって制御される遺伝子発現プロファイルの評価に用いられている (5) (6) (7) (8)。これらは、核内受容体介在性の転写活性化の検出法として推奨されてきた (5) (6) (9)。
6. アンドロゲンアゴニストおよびアンタゴニストは AR 結合を介して AR のリガンドとして作用し、アンドロゲン応答性遺伝子の転写を活性化または阻害する可能性がある。この相互作用は、アンドロゲン

調節系（細胞増殖、正常な胎児発育、生殖機能などに必要なプロセス）をかく乱することにより、健康への悪影響を引き起こす可能性がある。

7. OECD（経済協力開発機構）では、1998年に重点活動項目の1つとして、内分泌かく乱作用を有する可能性のある化学物質のスクリーニングおよび試験のための試験ガイドラインに関し、既存のものの改訂および新規に作成する作業を開始した。内分泌かく乱作用を有する可能性のある化学物質の試験および評価に関するOECDの概念的枠組みは、5つのレベルから構成され、それぞれ異なった生物学的複雑性のレベルに対応している（10）。この試験ガイドラインに記載されている3つのARTA法は、レベル2「**選択された内分泌機構／経路に関するデータを提供するin vitro アッセイ（哺乳類および非哺乳類試験法）**」に該当する。

8. 本試験ガイドライン記載の試験法は、単独で安全性評価の判断に使用することはできない。これらは、*in vitro*（抗）アンドロゲン活性を有する化学物質の濃度反応データを提供する。このデータは、スクリーニングや優先順位付けの目的に使用できるほか、証拠の重み付けアプローチにおいて機序に関する情報としても使用することができる。

9. バリデーション試験により、AR-EcoScreen™ 試験法、AR-CALUX® 試験法、および22Rv1/MMTV<sub>GR-KO</sub>試験法の妥当性と信頼性が実証されている（1, 3, 11）。

10. 各試験法の主な特性、許容基準および用いた主な略語の概要を補遺Bに示す（表B.1およびB.2）。参考のため、補遺Bの表B.3aおよびB.3bに、本試験ガイドラインの2つ以上の試験法で共通して試験した化学物質の結果を示す。分類の比較は、2003年のICCVAMリスト（6）（2016年採用のAR-EcoScreen™の参照リストとして使用）および近年更新された2017年のICCVAMリスト（12）を用いて行う。アンタゴニスト試験について、3つの試験法の結果は一致したが、アゴニスト試験の結果は4つの分類において22Rv1/MMTV<sub>GR-KO</sub>法と不一致となった。この理由として、3つの異なる試験法において異なる細胞株を用いたことが考えられる（1, 3, 11）。ERアゴニストとして知られている化学物質である17β-エストラジオールは、3つの試験法すべてにARアゴニスト活性を示すが、AR-CALUX®法では弱い活性しか認められなかった。

11. これらの化学物質およびAR-CALUX®法で試験した追加の13種類の化学物質に関する補足情報は、バリデーション試験報告書に記載されている（1, 3, 11）。

12. 本試験ガイドライン記載の試験法に用いる一般のおよび試験法に固有の定義および略語は、補遺Aに記載されている。

### 試験実施施設習熟度の実証

13. 活性が未知の化学物質の試験に試験法を用いる前に、各実験室は選択した試験法の使用に関する習熟度を実証しなければならない。習熟度は、アゴニスト活性について8種類の習熟度確認化学物質（補遺Bの表B.4a参照）、アンタゴニスト活性について9種類の習熟度確認化学物質（補遺Bの表B.4bおよびB.4c参照）を試験することにより実証される。この試験では試験系の応答性も確認する。試験は異なる日に少なくとも2回実施し、結果が表B.4aおよびB.4aに記載されている分類および値と一致しなければならない。さらに、参照標準および溶媒／溶剤対照を用いて得られたデータの履歴データベースを保管し、試験法の再現性を各実験室において経時的に確認しなければならない。

### 試験報告書

14. 試験結果の報告には、各試験法について補遺Bに示したテンプレートを使用すること。

## 2 参考文献

1. OECD (2016), Validation report of Androgen Receptor (AR) Mediated Stably Transfected Transactivation (AR STTA) Assay to Detect Androgenic and Anti-androgenic Activities. Environment, Health and Safety Publications, Series on Testing and Assessment (No. 241), Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.
2. Transactivation assay for the detection of compounds with (anti)androgenic potential using AR-CALUX® cells (2019). Available at (<https://tsar.jrc.ec.europa.eu/test-method/tm2010-07>).
3. Validation Study Report of the 22Rv1/MMTV\_GR-KO ARTA assay (2019). Available at ([http://www.nifds.go.kr/brd/m\\_18/view.do?seq=12486&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm\\_seq\\_1=0&itm\\_seq\\_2=0&multi\\_itm\\_seq=0&company\\_cd=&company\\_nm=&page=1](http://www.nifds.go.kr/brd/m_18/view.do?seq=12486&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1)).
4. Van der Burg, B., Pieterse, B., Buist, H., Lewin, G., van der Linden, S.C., Man, H.Y., Rorije, E., Piersma, A.H., Mangelsdorf, I., Wolterbeek, A.P., Kroese, E.D., van Vught-Lussemburg, B. (2015). A high throughput screening system for predicting chemically-induced reproductive organ deformities. *Reprod Toxicol* 55, 95-103.
5. EDSTAC (1998), Endocrine Disruptor Screening and Testing Advisory Committee (EDSTAC) Final report. Available at (<https://www.epa.gov/endocrine-disruption/endocrine-disruptor-screening-and-testing-advisory-committee-edstac-final>).
6. ICCVAM (2003), ICCVAM Evaluation of *In Vitro* Test Methods for Detecting Potential Endocrine Disruptors: Estrogen Receptor and Androgen Receptor Binding and Transcriptional Activation Assays. Available at ([https://ntp.niehs.nih.gov/iccvam/docs/endo\\_docs/edfinalrpt0503/edfinrpt.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/iccvam/docs/endo_docs/edfinalrpt0503/edfinrpt.pdf)).
7. Jefferson, W.N., Padilla-Banks, E., Clark, G. and Newbold R. (2002). Assessing estrogenic activity of phytochemicals using transcriptional activation and immature mouse uterotrophic responses. *J. Chromat. B.*, 777, 179-189.
8. Sonneveld, E., Riteco, J.A., Jansen, H.J., Pieterse, B., Brouwer, A., Schoonen, W.G. and van der Burg, B. (2006). Comparison of *in vitro* and *in vivo* screening models for androgenic and estrogenic activities. *Toxicol. Sci.*, 89, 173-187.
9. Gray, L.E. Jr. (1998). Tiered screening and testing strategy for xenoestrogens and antiandrogens. *Toxicol. Lett.*, 102-103, 677-680.
10. OECD (2018), Revised Guidance Document No 150 on Standardised Test Guidelines for Evaluating Chemicals for Endocrine Disruption, OECD Series on Testing and Assessment, No. 150, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264304741-en>.
11. Validation Study Report on the Performance assessment of the AR-CALUX® *in vitro* method (2019). Available at (<https://tsar.jrc.ec.europa.eu/test-method/tm2010-07>).
12. Kleinstreuer, N.C., Ceger, P., Watt, E.D., Martin, M., Houck, K., Browne, P., Thomas, R.S., Casey, W.M., Dix, D.J., Allen, D., Sakamuru, S., Xia, M., Huang, R., Judson, R. (2017). Development and Validation of a Computational Model for Androgen Receptor Activity. *Chem Res Toxicol.*, 30(4):946-964.

## 補遺 A. 用語の定義および略語

本試験ガイドライン記載のすべての試験法および／または補遺 B の表に適用される一般的な定義および略語

**許容基準**：実験対照および参照標準の性能に関する最低基準。1 回の実験が有効とみなされるためには、すべての許容基準を満たさなければならない

**作用薬（アゴニスト）**：特異的な受容体に結合し、細胞内での応答を引き起こす化学物質。同じ受容体に結合する内因性のリガンドに類似した作用を発揮する

**アンドロゲン活性**：アンドロゲン受容体に結合し活性化させる能力に関し、特定の化学物質が有するリガンドと類似した作用

**拮抗薬（アンタゴニスト）**：受容体に結合することで、生物学的応答自体を引き起こすことなく、アゴニストが介する応答をブロックまたは抑制する受容体リガンドまたは化学物質の 1 種

**抗アンドロゲン作用**：アンドロゲン受容体介在性のアゴニストリガンドの作用を抑制する、化学物質の能力。本試験ガイドラインでは、AR 介在性の特異的な抗アンドロゲン活性の検出が可能である。

**AR**：アンドロゲン受容体

**ARE**：アンドロゲン受容体エレメント

**ARTA**：アンドロゲン受容体転写活性化

**BDS**：BioDetection Systems（オランダ）

**BLR**：施設間再現精度

**CERI**：化学物質評価研究機構（日本）

**CAS 番号**：Chemical Abstracts Service Registry Number

**CRISPR-Cas9**：クラスター化反復短回文配列リピートーCRISPR 関連 9

**CV**：変動係数

**細胞毒性**：細胞の構造または機能に対する有害な作用で、最終的に細胞死を引き起こす。細胞毒性物質による曝露期間の終了時に、同時溶媒対照と比較して、ウェル内細胞数が少ないか、細胞機能の低下が認められる場合がある。

**DHT**：5 $\alpha$ -ジヒドロテストステロン

**DMSO**：ジメチルスルホキシド

**EC<sub>50</sub>**：刺激被験物質（アゴニスト）の 50%効果濃度

**ED**：内分泌かく乱物質

**ER**：エストロゲン受容体

**FBS**：ウシ胎児血清

© OECD, (2023)



**IF** : 誘導係数／倍率

**InhF** : 阻害係数／倍率

**GR** : グルココルチコイド受容体

**IC<sub>50</sub>** : 阻害被験物質（アンタゴニスト）の 50%効果濃度

**InChI** : 国際化学物質識別子

**IUPAC** : 国際純正・応用化学連合

**KO** : ノックアウト

**Luc** : ルシフェラーゼ遺伝子

**MTA** : 物質移動合意書

**MFDS** : 食品医薬品安全処（韓国）

**MMTV** : マウス乳腺腫瘍ウイルス

**陰性対照** : 試験系が応答しないことが知られている化学物質で処理した、試験系の独立した一部分。陰性対照は、実際のアッセイの条件下で試験系が応答しないことを示す証拠となる

**NIHS** : 国立医薬品食品衛生研究所（日本）

**PCR** : ポリメラーゼ連鎖反応

**PR** : プロゲステロン受容体

**陽性対照** : 試験系が応答することが知られている化学物質で処理した、試験系の独立した一部分。陽性対照は、実際のアッセイの条件下で試験系が応答することを示す証拠となる

**R<sup>2</sup>** : 相関係数の二乗（特異性対照試験の基準）

**参照化学物質** : 被験物質との比較の基準を示すために使用される化学物質

**参照標準** : 試験法の妥当性を実証するために使用する。本試験ガイドラインでは、参照標準とは、3 種類の化学物質のうち、2 種類が陽性応答を示し（用量反応または 1 種類の固定濃度で）、1 種類が反応を示さない化学物質を指す。2 種類の化学物質のうち、陽性の用量反応を示す 1 種類が参照化学物質である

**信頼性** : 同一プロトコルを用いて試験法を実施した場合に、実験室内および実験室間で経時的に高い再現性で実施可能な程度を表す尺度。WLR と BLR を算出して評価する

**RI** : 相対誘導能

**RLU** : 相対発光量

**ラン** : 試験法の生物学的結果における化学的作用を評価する個別の実験。各ランは、共通の細胞のプールから同時に播種された細胞の複製ウェルで実施する 1 つの完結した実験である

**SD** : 標準偏差

**SMILES** : 単純化分子ライン入力システム

**検討（試験）**：特定の試験法を用いて単一の個々の化学物質を評価するために実施されるあらゆる実験作業。本試験ガイドラインにおいて、検討は試験培地での被験物質の希釈試験、ラン（プレスクリーニングランおよび包括的ラン等）、データ解析、品質保証、細胞毒性評価などのすべての段階からなる。検討の完了により、用いた試験法で評価した毒性標的に対する被験物質の活性の分類や陽性参照化学物質と比較した強さの推定が可能となる

**TA**：転写活性化。アンドロゲン受容体へのアンドロゲンの結合などの特定の化学的シグナルに応答して mRNA 合成を開始すること

**被験物質**：試験される物質で、単一成分物質、多成分物質、混合物の試験に対するアッセイ適用性とは関係ない

**試験法**：この TG では、試験法とは本 TG に記載された性能基準を満たすのに有効と認められた方法のうちの 1 つである。試験法の構成要素には、例えば、特定の細胞株と関連する増殖条件、試験を実施する特定の培地、プレートの設定条件、被験物質の調製および希釈、その他の品質管理に必要な措置および関連するデータ評価ステップがある

**試験系**：試験で使用される生物学的、化学的または物理的システムまたはその組み合わせ。In vitro 試験系は主に生物学的システム（細胞、組織等）である

**UN GHS**：国際連合の化学物質の分類および表示に関する世界調和システム

**UVCB**：組成が未知または変化しやすい化学物質、複雑な反応生成物および生物材料

**検証された試験法**：特定の目的に対する妥当性（正確度を含む）および信頼性を判断するためのバリデーション試験が完了した試験法。検証された試験法は、正確度および信頼性の点で十分な性能が得られず、掲げられた目的に適合していると判断できない場合があることに留意する必要がある

**検証（バリデーション）**：明確な目的のために、特定のアプローチ、方法、プロセスまたは評価の信頼性および妥当性を確立するプロセス

**溶媒対照**：被験物質および参照標準の溶解に用いる溶剤（溶媒）。化学物質を溶解せず、溶媒のみで試験する

**WLR**：室内再現精度

## 試験法固有の用語

### AR-EcoScreen™ 試験法

**AG ref**：アゴニストアッセイにおけるアゴニスト参照（500 pM DHT）

**BPA**：ビスフェノール A

**DCC-FBS**：チャコール・デキストラン処理ウシ胎児血清

**DEHP**：フタル酸ジ（2-エチルヘキシル）

**HF**：ヒドロキシフルタミド

**IC<sub>30</sub>**：アンタゴニストアッセイで測定された活性が、各プレートで 500 pM DHT により誘発された最大活性を 30%抑制するような被験物質の濃度



**PC<sub>AGO</sub>** : 10 nM DHT による陽性応答を示す AR アゴニスト対照

**PC<sub>ATG</sub>** : 500 pM DHT および 1 μM HF による陽性応答を示す AR アンタゴニスト対照

**PC<sub>CT</sub>** : 細胞毒性対照 (10 μg/mL シクロヘキシミド) の応答

**PC<sub>10</sub>** : アゴニストアッセイにおける応答が、各プレート上で参照化学物質 (10 nM DHT) により誘導される応答の 10% となる被験物質の濃度

**PC<sub>50</sub>** : アゴニストアッセイにおける応答が、各プレート上で参照化学物質 (10 nM DHT) により誘導される応答の 50% となる被験物質の濃度

**PC<sub>max</sub>** : **RPC<sub>max</sub>** を誘導する時の被験物質の濃度

**RPC<sub>max</sub>** : 被験物質によって誘導される最大の応答レベルであり、同一プレート上で **PC<sub>AGO</sub>** (10 nM DHT) によって誘導される応答に対する割合 (%) で表される

**RTA** : 相対的転写活性

### **AR-CALUX® 試験法**

**ARE** : アンドロゲン応答エレメント

**AU** : 吸光度単位

包括的ラン : プレスクリーニングラン実施後に実行される実験で、より高い精度のパラメータを計算するために、より少ない希釈ステップ (例えば 2、3、または 5) で行うもの

**DF** : 希釈倍率

**DMEM** : ダルベッコ改変イーグル培地

**EC<sub>10</sub>, EC<sub>50</sub>** : 被験物質の最大誘導応答の 10% または 50% が観測される濃度

**FLU** : フルタミド

**hAR** : ヒトアンドロゲン受容体

**HTS** : ハイスループットスクリーニング

**IATA** : 試験および評価に関する統合的アプローチ。IATA は、化学物質の危険有害性を特徴づけるための実用的な科学的に裏付けられたアプローチであり、試験戦略を用いた新たな情報の生成と連動した、既存の情報の統合的分析に基づいている

**IC<sub>20</sub>, IC<sub>50</sub>** : 被験物質の最大応答の 20% または 50% の阻害が観測される濃度

**IP** : 知的財産権

**LDH** : 乳酸脱水素酵素

**PC<sub>10</sub>, PC<sub>50</sub>, PC<sub>80</sub>** : 参照化学物質 DHT (アゴニスト) または溶剤対照 (アンタゴニスト) の最大誘導能と比較して 10%、50% または 80% の誘導 (または阻害) を示す被験物質の濃度

**PC<sub>max</sub>, PC<sub>min</sub>** : 応答が最大 (**RPC<sub>max</sub>** に相当) または最小 (**RPC<sub>min</sub>**) となる被験物質の濃度

**プレスクリーニングラン**：用量反応を評価する実験。完全な用量反応を得るために、（可能であれば）通常は大きな希釈ステップ（例えば 10）で実施する。後に続く包括的ランで使用する濃度範囲の決定を行う。

**REF RPC<sub>10</sub>, REF RPC<sub>50</sub>, REF RPC<sub>80</sub>**：参照化学物質 DHT またはフルタミドの 10%、50%、または 80%の応答レベル（相対誘導能（RI）により判定）

**REF EC<sub>50</sub>**：（アゴニストアッセイにおいて）参照化学物質 DHT の最大応答の 50%が観察される濃度

**REF IC<sub>50</sub>**：（アンタゴニストアッセイにおいて）参照化学物質フルタミドの最大応答の 50%が観察される濃度

**RPC<sub>max</sub>**：被験物質の最大応答レベル（最大誘導能）

**RPC<sub>min</sub>**：被験物質の最小応答レベル（最大阻害能）

**RI**：相対誘導能

**特異性対照**：アンタゴニスト応答が AR との競合的結合によるものであるかどうかを評価するために実施される試験

**S<sub>c</sub>**：相対誘導能で表した、特定の濃度 c における特異性対照の応答。

**S<sub>c</sub><sup>n</sup>**：相対誘導能で表した、特定の濃度 c における正規化した特異性対照の応答

**SC**：溶剤対照（アゴニスト：試験培地に 0.1%溶剤を添加；アンタゴニスト：試験培地に 0.1%溶剤および EC<sub>50</sub>濃度の DHT を添加）

**VC**：溶媒対照（試験培地に 0.1%溶剤を添加したもので、アンタゴニストアッセイで使用）

**Y<sub>ic</sub>**：相対誘導能および技術的反復 i（1～3）で表した濃度 c（C1～C8）での標準応答

**Y<sub>c</sub>**：3 回の技術的反復における標準応答 Y<sub>ic</sub> の平均

**ZF**：Z 係数

### **22Rv1/MMTV\_GR-KO 試験法**

**ATCC**：米国培養細胞系統保存機関

**包括的ラン**：プレスクリーニングラン実施後に実行される実験で、より高い精度のパラメータを計算するために、より少ない希釈ステップ（例えば 3 または 5）で行うもの

**DCC-FBS**：チャコール・デキストラン処理ウシ胎児血清

**DEHP**：フタル酸ジ（2-エチルヘキシル）

**GF-AFC**：グリシルフェニルアラニル-アミノフルオロクマリン

**IC<sub>30</sub>**：AR アンタゴニストアッセイにおいて、その阻害応答が AR アゴニスト対照（800 pM DHT）の最大応答の 30%に相当する化学物質の濃度

**KTR**：韓国化学試験研究院

**NIFDS**：韓国国立食品医薬品安全評価研究所

**PC<sub>10</sub>**：AR アゴニストアッセイにおいて、その応答が AR アゴニスト対照（10 nM DHT）の最大応答の 10%に相当する化学物質の濃度

**PC<sub>50</sub>** : AR アゴニストアッセイにおいて、その応答が AR アゴニスト対照 (10 nM DHT) の最大応答の 50% に相当する化学物質の濃度

**PC<sub>AGO1</sub>** : 10 nM DHT により陽性応答を示す AR アゴニストアッセイ用の対照

**PC<sub>AGO2</sub>** : AR アンタゴニストアッセイ用のアゴニスト対照 (800 pM DHT)

**PC<sub>ANTA</sub>** : 800 pM DHT および 1 μM ビカルタミドにより陽性応答を示すアンタゴニスト対照。

**PC<sub>CT</sub>** : 細胞毒性対照 (1 mM SDS)

**プレスクリーニングラン** : 用量反応を評価する実験。完全な用量反応を得るために、(可能であれば) 通常は大きな希釈ステップ (例えば 10) で実施する。後に続く包括的ランで使用する濃度範囲の決定を行う。

**RTA** : 相対的転写活性

**SDS** : ドデシル硫酸ナトリウム

**特異性対照** : アンタゴニスト応答が AR との競合的結合によるものであるかどうかを評価するために実施される試験

**Sc** : アンタゴニストアッセイで 100 nM DHT (特異性対照) を用いた場合の、濃度 c における被験物質の相対誘導能

**Yc** : アンタゴニストアッセイで 800 pM DHT を用いた場合の、濃度 c における被験物質の相対誘導能

## 補遺 B. 3 つの試験法に関連する情報。

### 習熟度確認化学物質のリストおよび概要表

表 B.1.本試験ガイドラインにおける 3 つの試験法の特徴の概要

試験法	AR-EcoScreen™	AR-CALUX®	22Rv1/MMTV_GR_KO
開発者	大塚製薬株式会社、化学物質評価研究機構（CERI）、国立医薬品食品衛生研究所（NIHS）	BDS	食品医薬品安全処（MFDS）、高麗大学および東国大学
細胞株	AR-EcoScreen™	AR-CALUX®	22Rv1/MMTV_GR-KO
細胞種	チャイニーズハムスター卵巣がん細胞	ヒト骨肉腫細胞	ヒト前立腺がん上皮細胞
遺伝子組換え	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒト AR cDNA</li> <li>熱ショックタンパク質プロモーター -4 C3 ARE- ホタル luc (<i>Photinus pyralis</i>)</li> <li>SV40 プロモーター-ウミシイタケ luc (<i>Renilla reniformis</i>)（細胞毒性同時測定用）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒト AR cDNA</li> <li>TATA プロモーター-3xARE-ホタル luc (<i>Photinus pyralis</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>内因性 AR</li> <li>ARE-ホタル luc (<i>Photinus pyralis</i>) を含む MMTV LTR プロモーター</li> <li>CRISPR-Cas9 によるノックアウト GR</li> </ul>
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>適切なアンドロゲン応答エレメントの選択による最小 GR クロストーク</li> <li>ハイスループットの適用可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GR、ER および PR の発現が無いまたはほとんど無い</li> <li>ハイスループットの適用可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ER または PR 発現無し</li> <li>GR ノックアウト</li> </ul>

# OECD/OCDE

458

入手方法	生物資源バンク（JCRB）細胞バンクおよび細胞の所有者とのライセンス契約を含む物質移動合意書（MTA）	BDS とのライセンス契約	Korean Collection for Type Cultures 物質移動合意書（MAT）
------	---	---------------	--

表 B.2a. アゴニスト特性に関する 3 つの試験法の参照標準と許容基準の概要

試験法	AR-EcoScreen™	AR-CALUX®	22Rv1/MMTV_GR-KO
<b>アゴニスト</b>			
参照化学物質	5α-ジヒドロテストステロン（DHT）	5α-ジヒドロテストステロン（DHT）	5α-ジヒドロテストステロン（DHT）
基準	logPC <sub>50</sub> 範囲 -11.03/-9.00 (log[M])	EC <sub>50</sub> 範囲 1.10 <sup>-10</sup> /1.10 <sup>-9</sup> M	logPC <sub>50</sub> 範囲 -10.6/-9.0 (log[M])
	logPC <sub>10</sub> 範囲 -12.08/-9.87 (log[M])		logPC <sub>10</sub> 範囲 -12.2/-9.7 (log[M])
	シグモイド曲線	シグモイド曲線	シグモイド曲線
	IF PC <sub>AGO</sub> > 6.4 (PC <sub>AGO</sub> : DHT 1.0 × 10 <sup>-8</sup> M)	IF DHT 1.0 × 10 <sup>-7</sup> M > 20	IF PC <sub>AGO</sub> ≥ 13 (PC <sub>AGO</sub> : DHT 1.0 × 10 <sup>-8</sup> M)
	IF PC <sub>10</sub> > 1 + 2SD (VC 誘導能)		IF PC <sub>10</sub> > 1 + 2SD (VC 誘導能)
	3 連ウェルで CV < 20% の場合	CV  logEC <sub>50</sub> < 1.5%	
		ZF > 0.5	
陽性対照	メスタノロン	17α-メチルテストステロン	メスタノロン
基準	logPC <sub>50</sub> 範囲 -10.15/-9.26 (log[M])	RI > 30%	logPC <sub>50</sub> 範囲 -10.2/-8.6 (log[M])
	logPC <sub>10</sub> 範囲 -10.92/-10.41 (log[M])		logPC <sub>10</sub> 範囲 -12.3/-9.8 (log[M])
	シグモイド曲線		
	3 連ウェルで CV < 20% の場合		

# OECD/OCDE

458

試験法	AR-EcoScreen™	AR-CALUX®	22Rv1/MMTV_GR-KO
陰性対照	フタル酸ジ（2-エチルヘキシル）（DEHP）	コルチコステロン	フタル酸ジ（2-エチルヘキシル）（DEHP）
基準	PC <sub>10</sub> が計算できない	RI <10%	PC <sub>10</sub> が計算できない
特異性対照（アゴニスト）		NA	NA
基準	AR 非介在性のルシフェラーゼ誘導を明らかにするため、強力な AR アнтаゴニスト（1 μM HF）を添加して確認。		

表 B.2b.アンタゴニスト特性に関する 3 つの試験法の参照標準と許容基準の概要。

試験法	AR-EcoScreen™	AR-CALUX®	22Rv1/MMTV_GR-KO
<b>アンタゴニスト</b>			
参照化学物質	ヒドロキシフルタミド（HF）	フルタミド（FLU）	ビカルタミド
基準	logIC <sub>50</sub> 範囲 -7.80/-6.17 (log[M])	IC <sub>50</sub> range 1.0 x 10 <sup>-7</sup> /1.0 x 10 <sup>-6</sup> M	logIC <sub>50</sub> 範囲 -7.0/-5.8 (log[M])
	Range logIC <sub>30</sub> -8.37/-6.41 (log[M])		logIC <sub>30</sub> 範囲 -7.5/-6.2 (log[M])
	PC <sub>ATG</sub> の RTA < 46% (PC <sub>ATG</sub> :500 pM DHT + HF 1 μM )	InhF FLU 3.10 <sup>-5</sup> M > 10	PC <sub>ATG</sub> の RTA ≤ 53.6 % (PC <sub>ATG</sub> :800 pM DHT + ビカルタミド 1 μM)
	シグモイド曲線	シグモイド曲線	シグモイド曲線
	3 連ウェルで CV < 20% の場合	CV  logIC <sub>50</sub> < 3%	
		ZF > 0.5	
陽性対照	ビスフェノール A	リニューロン	ビスフェノール A
基準	log IC <sub>50</sub> 範囲 -7.05/-4.29 (log[M])	RI < 60%	log IC <sub>50</sub> 範囲 -6.2/-5.0 (log[M])
	Range logIC <sub>30</sub> -7.52/-4.48 (log[M])		logIC <sub>30</sub> 範囲 -6.6/-5.4 (log[M])
	3 連ウェルで CV < 20% の場合		



# OECD/OCDE

458

試験法	AR-EcoScreen™	AR-CALUX®	22Rv1/MMTV_GR-KO
陰性対照	DEHP	レボノルゲストレル	DEHP
基準	IC <sub>30</sub> が計算できない	RI > 85%	IC <sub>30</sub> が計算できない
その他の対照	IF AG <sub>ref</sub> > 5 (AG <sub>ref</sub> :500 pM DHT)	NA	IF AG <sub>ref</sub> ≥ 10 (AG <sub>ref</sub> :800 pM DHT)
特異性対照（アンタゴニスト）		DHT	DHT
基準	NA	被験物質 R <sup>2</sup> ≤ 0.9 R <sup>2</sup> FLU ≤ 0.7	被験物質 R <sup>2</sup> < 0.9

NA：該当無し

注：1) IC<sub>50</sub>、IC<sub>30</sub> の計算において、3 つの試験法では異なる数学的技法を使用する（AR-EcoScreen™ 試験法および 22Rv1/MMTV\_GR-KO 試験法では内挿、AR-CALUX® 試験法ではカーブフィッティング）、2) アンタゴニストアッセイでは、異なる濃度の DHT を添加した（AR-EcoScreen™ 試験法では 500 pM、AR-CALUX® の試験法では 300 pM、22Rv1/MMTV\_GR-KO 試験法では 800 pM）。

**表 B.3a.**本試験ガイドライン記載の 3 つの試験法から得られた結果の概要。化学物質を、アゴニストの特性について 2 つまたは 3 つの試験法で試験した

		予想される結果 <sup>1</sup>		AR-Eco Screen™			AR-CALUX®			22Rv1/MMTV_GR-KO			化学物質分類 <sup>5</sup>	製品分類 <sup>6</sup>
化学物質名	CAS 番号	参照リスト (2003)	参照リスト (2017)	バリデーション結果 <sup>2</sup>	log PC <sub>10</sub> <sup>2</sup> (M)	log PC <sub>50</sub> <sup>2</sup> (M)	バリデーション結果 <sup>3</sup>	log PC <sub>10</sub> <sup>3</sup> (M)	log EC <sub>50</sub> <sup>3</sup> (M)	バリデーション結果 <sup>3</sup>	log PC <sub>10</sub> <sup>4</sup> (M)	log PC <sub>50</sub> <sup>4</sup> (M)		
5α-ジヒドロテストステロン	521-18-6	P	P	P	-12.08/-9.87	-11.03/-9.00	P	-10.64/-10.14	-9.98/-9.42	P	-10.60/-9.83	-9.73/-8.95	ステロイド、 非フェノール性	医薬品
メスタノロン（メチルジヒドロテストステロン）	521-11-9	P		P	-10.92/-10.41	-10.15/-9.26	P	-10.26/-9.99	-9.53/-9.39	P	-10.36/-9.66	-9.65/-8.39	ステロイド、 非フェノール性	医薬品
テストステロン	58-22-0	P	P	P	-10.42/-9.73	-9.46/-8.96	P	-9.81/-9.60	-9.25/-8.80	P	-10.28/-9.91	-9.67/-8.66	ステロイド、 非フェノール性	医薬品

# OECD/OCDE

458

17β-エストラジオール	50-28-2	P		P	-7.74/-6.75	-5.34/-4.88	P	-6.70/-5.85	-	P	-8.76/-8.49	-7.19/-6.03	ステロイド、フェノール性	医薬品
17-酢酸メドロキシプロゲステロン	71-58-9	P	P	P	-9.64/-8.89	-8.77/-8.37	P	-9.91/-8.32	-9.23/-7.75	P	-8.77/-8.20	-7.64/-6.01	ステロイド、非フェノール性	医薬品
17α-エチニルエストラジオール	57-63-6	N		N	-		N	-		P	-6.21/-5.27	-	ステロイド、フェノール性	医薬品
フタル酸ブチルベンジル	85-68-7	N	N	N	-		N	-		N	-		フタル酸塩	可塑剤
フタル酸ジ (2-エチルヘキシル)	117-81-7	N		N	-		N	-		N	-		フタル酸塩	化学中間体、可塑剤
ヒドロキシフルタミド	52806-53-8	N		N	-		N	-		P	-5.54/-5.04	-	アニリド	医薬品代謝物
ビスフェノール A	80-05-7	N		N	-		N	-		N	-		ビスフェノール	化学中間体
メチルテストステロン	58-18-4	P	P		NT	NT	P	-9.73/-9.57	-9.11/-8.95	P	-10.39/-9.99	-9.63/-9.28	ステロイド、非フェノール性	医薬品
プロゲステロン	57-83-0	P			NT	NT	N			P	-7.13/-6.19	-5.50/-5.01	ステロイド、非フェノール性	医薬品
コルチコステロン	50-22-6	N			NT	NT	N			P	-7.16/-5.47		ステロイド、非フェノール性	医薬品
レボノルゲストレル	797-63-7	P	P		NT	NT	P	-9.42/-9.26	-8.91/-8.61	P	-10.28/-9.73	-9.06/-8.46	ステロイド、非フェノール性	医薬品
ピンクロゾリン	50471-44-8	N			NT	NT	N	-		N	-		有機塩素	農薬
プロクロラズ	67747-09-5		N		NT	NT	N	-		N	-		イミダゾール	農薬
アトラジン	1912-24-9	N	N		NT	NT	N	-		N	-		トリアジン、芳香族アミン	農薬
6-プロピル-2-チオウラシル	51-52-5	N			NT	NT	N	-		N	-		ピリミジン	医薬品
o,p-DDT	789-02-6	N	N		NT	NT	N	-		N	-		有機塩素	農薬
ピカルタミド	90357-06-5	N			NT	NT	N	-		N	-		アニリド	医薬品
リニユロン	330-55-2	P			NT	NT	N	-		N	-		尿素	農薬

**表 B.3b.** 本試験ガイドライン記載の 3 つの試験法から得られた結果の概要。化学物質を、アンタゴニストの特性について 2 つまたは 3 つの試験法で試験した

		予想される結果 <sup>1</sup>		AR-EcoScreen™			AR-CALUX®			22Rv1/MMTV_GR-KO			化学物質分類 <sup>5</sup>	製品分類 <sup>6</sup>
化学物質名	CAS 番号	参照リスト (2003)	参照リスト (2017)	バリデーション結果 <sup>1</sup>	log IC <sub>30</sub> <sup>2</sup> (M)	log IC <sub>50</sub> <sup>2</sup> (M)	バリデーション結果 <sup>3</sup>	log PC <sub>80</sub> <sup>3</sup> (M)	log IC <sub>50</sub> <sup>3</sup> (M)	バリデーション結果 <sup>4</sup>	log IC <sub>30</sub> <sup>4</sup> (M)	log IC <sub>50</sub> <sup>4</sup> (M)		
ヒドロキシフルタミド	52806-53-8	P	P	P	-8.37/-6.41	-7.80/-6.17	P	-8.63/-8.01	-7.80/-7.54	P	-8.17/-7.45	-7.79/-7.11	アニリド	医薬品代謝物

© OECD, (2023)

# OECD/OCDE

458

ビスフェノール A	80-05-7	P	P	P	-7.52/- 4.48	-7.05/-4.29	P	-6.75/- 6.12	-5.93/- 5.81	P	-5.92/- 5.56	-5.68/-5.29	ビスフェノール	化学中間体
フルタミド	13311-84-7	P		P	-6.20/- 5.69	-5.66/-5.43	P	-7.51/- 6.71	-6.60/- 6.23	P	-7.11/- 6.62	-6.70/-6.26	アニリド	医薬品
プロクロラズ	67747-09-5	P	P	P	-5.77/- 5.47	-5.44/-5.12	P	-6.42/- 6.02	-5.78/- 5.59	P	-6.02/- 5.30	-5.47/-4.95	イミダゾール	農薬
ピンクロゾリン	50471-44-8	P	P	P	-6.83/- 6.32	-6.47/-5.85	P	-7.91/- 7.00	-7.50/- 6.75	P	-7.22/- 6.74	-6.94/-6.44	有機塩素	農薬
5α-ジヒドロテストステロン	521-18-6	N		N	-		N	-		N	-	-	ステロイド、非フェノール性	医薬品
メスタノロン	521-11-9	N		N	-		N	-		N	-	-	ステロイド、非フェノール性	医薬品
フタル酸ジ (2-エチルヘキシル)	117-81-7	N		N	-		N	-		N	-	-	フタル酸塩	化学中間体、可塑剤
アトラジン	1912-24-9	N	N	N	-		N	-		N	-	-	トリアジン、芳香族アミン	農薬
6-プロピル-2-チオウラシル	51-52-5	N		N	-		N	-		N	-	-	ピリミジン	医薬品
17β-エストラジオール	50-28-2	P			NT	NT	P	-9.05/- 8.04	-8.40/- 7.64	P	-7.98/- 7.20	-	ステロイド、フェノール性	医薬品
17α-エチニルエストラジオール	57-63-6	N			NT	NT	P	-8.42/- 7.75	-7.57/- 7.26	P	-7.91/- 7.29	-7.54/-6.88	ステロイド、フェノール性	医薬品
フタル酸ブチルベンジル	85-68-7	N			NT	NT	P	-6.13/- 5.46	-5.81/- 5.11	P	-5.10/- 4.57	-4.86/-4.28	フタル酸塩	可塑剤
プロゲステロン	57-83-0	P			NT	NT	P	-8.78/- 8.57	-8.07/- 8.03	P	-7.40/- 6.30	-6.88/-5.97	ステロイド、非フェノール性	医薬品
コルチコステロン	50-22-6	N			NT	NT	P	-6.85/- 6.77	-6.35/- 6.33	P	-6.36/- 6.11	-5.91/-5.51	ステロイド、非フェノール性	医薬品
o,p-DDT	789-02-6	P	P		NT	NT	P	-7.33/- 6.84	-6.36/- 6.24	P	-5.82/- 5.48	-5.56/-5.21	有機塩素	農薬
ピカルタミド	90357-06-5	P	P		NT	NT	P	-8.18/- 7.19	-7.23/- 6.69	P	-6.92/- 6.37	-6.39/-6.10	アニリド	医薬品
リニユロン	330-55-2	P	P		NT	NT	P	-6.64/- 6.38	-5.85/- 5.70	P	-5.64/- 5.33	-5.33/-5.11	尿素	農薬
17-酢酸メドロキシプロゲステロン	71-58-9	N			NT	NT	N	-		N	-		ステロイド、非フェノール性	医薬品
レボノルゲストレル	797-63-7	N			NT	NT	N	-		N	-		ステロイド、非フェノール性	医薬品

表 B.3a および B.3b の略語：M：モル、P：陽性、N：陰性、NT：未試験

<sup>1</sup> 予想される結果：2003 年の ICCVAM 評価 (5) および 2017 年の ICCVAM AR-参照リスト (12) で報告された分類。2017 年の参照リストには、参照化学物質が 2 つ以上のアッセイで活性（陽性）を示すか、2 つ以上のアッセイで活性を示さず、陽性活性を示さない（陰性）ことを独立して確認するための追加の基準が含まれている。そのため、2003 年の参照リストで特定された化学物質の中には、これらの基準を満たすのに十分なデータがないものがあり、後の参照リストでは除外した。

<sup>2</sup> AR-EcoScreen™ 法のバリデーション報告書（すべての参加実験室による、すべての有効なランにおける最小／最大値）。

<sup>3</sup> AR-CALUX®法のバリデーション報告書（すべての参加実験室による、すべての有効なランにおける最小／最大値）。

© OECD, (2023)

<sup>4</sup> 22Rv1/MMTV\_GR-KO 法のバリデーション報告書（すべての参加実験室による、すべての有効なランにおける最小／最大値）。

<sup>5</sup> 国際的に認められ標準化された分類法である米国国立医学図書館の医学件名標目表（MeSH）を用いて、各化学物質を一つ以上の化学物質分類に分類した（<http://www.nlm.nih.gov/mesh> より入手可能）。

<sup>6</sup> 米国国立医学図書館の有害物質データバンクを用いて、各化学物質を一つ以上の製品分類に分類した（<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> より入手可能）。

表 B.3a.本試験ガイドライン記載の3つの試験法（アゴニストアッセイ）のそれぞれについて技術的習熟度を実証するための習熟度確認化学物質のリスト。

化学物質名	CAS 番号	AR 参照 リスト <sup>1</sup>	AR-EcoScreen™			AR-CALUX®			22Rv1/MMTV GR-KO			化学物質分類 <sup>5</sup>	製品分類 <sup>6</sup>
			分類 <sup>2</sup>	log PC <sub>10</sub> <sup>2</sup> (M)	log PC <sub>50</sub> <sup>2</sup> (M)	分類 <sup>3</sup>	log PC <sub>10</sub> <sup>3</sup> (M)	log EC <sub>50</sub> <sup>3</sup> (M)	分類 <sup>4</sup>	log PC <sub>10</sub> <sup>4</sup> (M)	log PC <sub>50</sub> <sup>4</sup> (M)		
5α-ジヒドロテストステロン	521-18-6	P	P	-12.08/-9.87	-11.03/-9.00	P	-10.64/-10.14	-9.98/-9.42	P	-10.60/-9.83	-9.73/-8.95	ステロイド、 非フェノール性	医薬品
メスタノロン（メチルジヒドロテストステロン）	521-11-9		P	-10.92/-10.41	-10.15/-9.26	P	-10.26/-9.99	-9.53/-9.39	P	-10.36/-9.66	-9.65/-8.39	ステロイド、 非フェノール性	医薬品
テストステロン	58-22-0	P	P	-10.42/-9.73	-9.46/-8.96	P	-9.81/-9.60	-9.25/-8.80	P	-10.28/-9.91	-9.67/-8.66	ステロイド、 非フェノール性	医薬品
17β-エストラジオール	50-28-2		P	-7.74/-6.75	-5.34/-4.88	P	-6.70/-5.85	-	P	-8.76/-8.49	-7.19/-6.03	ステロイド、 フェノール性	医薬品
17-酢酸メドロキシプロゲステロン	71-58-9	P	P	-9.64/-8.89	-8.77/-8.37	P	-9.91/-8.32	-9.23/-7.75	P	-8.77/-8.20	-7.64/-6.01	ステロイド、 非フェノール性	医薬品
フタル酸ブチルベンジル	85-68-7	N	N	-	-	N	-	-	N	-	-	フタル酸塩	可塑剤
フタル酸ジ（2-エチルヘキシル）	117-81-7		N	-	-		-	-	N	-	-	フタル酸塩	化学中間体、 可塑剤
ビスフェノール A	80-05-7		N	-	-	N	-	-	N	-	-	ビスフェノール	化学中間体

略語：M：モル、P：陽性、N：陰性

<sup>1</sup> ICCVAM AR-参照リスト（2017）（12）。

<sup>2</sup> AR-EcoScreen™法のバリデーション報告書（すべての参加実験室による、すべての有効なランにおける最小／最大値）。

<sup>3</sup> AR-CALUX®法のバリデーション試験報告書（すべての参加実験室による、すべての有効なランにおける最小および最大値）。

<sup>4</sup> 22Rv1/MMTV GR-KO法のバリデーション報告書（すべての参加実験室による、すべての有効なランにおける最小／最大値）。

<sup>5</sup> 国際的に認められ標準化された分類法である米国国立医学図書館の医学件名標目表（MeSH）を用いて、各化学物質を一つ以上の化学物質分類に分類した（<http://www.nlm.nih.gov/mesh> より入手可能）。

<sup>6</sup> 米国国立医学図書館の有害物質データバンクを用いて、各化学物質を一つ以上の製品分類に分類した（<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> より入手可能）。

© OECD, (2023)

表 B.4b 本試験ガイドライン記載の 3 つの試験法（アンタゴニストアッセイ）のそれぞれについて技術的習熟度を実証するための習熟度確認化学物質のリスト。

化学物質名	CAS 番号	AR 参照 リスト <sup>1</sup>	AR-EcoScreen™			AR-CALUX®			22Rv1/MMTV_GR-KO			化学物質分類 <sup>5</sup>	製品分類 <sup>6</sup>
			分類 <sup>2</sup>	log IC <sub>30</sub> <sup>2</sup> (M)	log IC <sub>50</sub> <sup>2</sup> (M)	分類 <sup>3</sup>	log PC <sub>80</sub> <sup>3</sup> (M)	log IC <sub>50</sub> <sup>3</sup> (M)	分類 <sup>4</sup>	log IC <sub>30</sub> <sup>4</sup> (M)	log IC <sub>50</sub> <sup>4</sup> (M)		
ヒドロキシフルタミド	52806-53-8		P	-8.37/-6.41	-7.80/-6.17	P	-8.63/-8.01	-7.80/- 7.54	P	-8.17/-7.45	-7.79/- 7.11	アニリド	医薬品代謝物
ビスフェノール A	80-05-7		P	-7.52/-4.48	-7.05/-4.29	P	-6.75/-6.12	-5.93/- 5.81	P	-5.92/-5.56	-5.68/- 5.29	ビスフェノール	化学中間体
フルタミド	13311-84-7		P	-6.20/-5.69	-5.66/-5.43	P	-7.51/-6.71	-6.60/- 6.23	P	-7.11/-6.62	-6.70/- 6.26	アニリド	医薬品
プロクロラズ	67747-09-5		P	-5.77/-5.47	-5.44/-5.12	P	-6.42/-6.02	-5.78/- 5.59	P	-6.02/-5.30	-5.47/- 4.95	イミダゾール	農薬
ピンクロゾリン	50471-44-8		P	-6.83/-6.32	-6.47/-5.85	P	-7.91/-7.00	-7.50/- 6.75	P	-7.22/-6.74	-6.94/- 6.44	有機塩素	農薬
メスタノロン	521-11-9		N	-	-	N	-	-	N	-	-	ステロイド、 非フェノール性	医薬品
フタル酸ジ（2-エチルヘキシル）	117-81-7		N	-	-	N	-	-	N	-	-	フタル酸塩	化学中間体、可 塑剤
アトラジン	1912-24-9		N	-	-	N	-	-	N	-	-	トリアジン、芳 香族アミン	農薬
6-プロピル-2-チオウ ラシル	51-52-5		N	-	-	N	-	-	N	-	-	ピリミジン	医薬品

表 B.4c.アンタゴニスト特異性試験のための 2 種類の習熟度確認化学物質のリスト（AR-CALUX®法のみ）。

化学物質名	CAS 番号	AR 参照 リスト <sup>1</sup>	AR-CALUX®		化学物質分類 <sup>5</sup>	製品分類 <sup>6</sup>
			分類 <sup>3</sup>	低濃度および高濃度のリガンド DHT を用いた試験における 特異性対照試験の観察		
ケトコナゾール	65277-42-1		N	2 つの用量反応にシフトがあり、R <sup>2</sup> ≤ 0.9	ピペラジン	医薬品、抗真菌剤



シクロヘキシミド	66-81-9		N	2つの用量反応にシフトがあり、 $R^2 \leq 0.9$	ピペリドン	医薬品、殺菌剤
----------	---------	--	---	--------------------------------	-------	---------

表 B.4b および B.4c の略語: M : モル、P : 陽性、N : 陰性

<sup>1</sup> ICCVAM AR-参照リスト (2017) (12)。

<sup>2</sup> AR-EcoScreen<sup>TM</sup> 法のバリデーション報告書 (すべての参加実験室による、すべての有効なランにおける最小／最大値)。

<sup>3</sup> AR-CALUX<sup>®</sup>法のバリデーション試験報告書 (すべての参加実験室による、すべての有効なランにおける最小および最大値)。

<sup>4</sup> 22Rv1/MMTV\_GR-KO 法のバリデーション報告書 (すべての参加実験室による、すべての有効なランにおける最小／最大値)。

<sup>5</sup> 国際的に認められ標準化された分類法である米国国立医学図書館の医学件名標目表 (MeSH) を用いて、各化学物質を一つ以上の化学物質分類に分類した (<http://www.nlm.nih.gov/mesh> より入手可能)。

<sup>6</sup> 米国国立医学図書館の有害物質データベースを用いて、各化学物質を一つ以上の製品分類に分類した (<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> より入手可能)。

## 試験報告書

1. 3つの試験法すべてについて、以下のテンプレートを使用すること。結果部分は、試験法に固有のものである。
2. 試験報告書には以下の情報を含める。

### 一般情報：

- 試験依頼者、試験施設、試験責任者の氏名および住所
- TG 458 および試験法への言及
- 溶解法に対する言及

### 習熟度の実証：

- 試験法の常用前に、試験施設が試験法に習熟していることを習熟度確認化学物質試験によって実証した旨の記述

### 参照標準（参照化学物質、陽性および陰性対照）および被験物質：

- 入手可能であれば、供給元、バッチ／ロット番号、有効期限、CAS 番号
- 該当する場合で実行可能であれば、純度、不純物の化学的識別情報
- 外観、水への溶解度、分子量および入手可能な範囲のその他の関連する物理化学的性質
- 該当する場合、試験前の処理（例えば、加温）
- 入手可能な範囲の保存条件および安定性
- 各被験物質に対する溶剤／溶媒の選択およびその妥当性

### 単一成分化学物質：

化学物質識別情報（IUPAC 名または CAS 名、CAS 番号、SMILES または InChI コード、構造式、純度、必要性および実行可能性に応じて不純物の化学的識別情報）。

### 多成分化学物質、UVCB、混合物：

入手可能な範囲の成分の化学的識別情報（上記参照）、含有量および関連のある物理化学的性質などによるできる限りの成分の特性。

### 溶剤／溶媒：

例 DMSO、水、エタノール

- 供給元、バッチ／ロット番号
- 溶剤／溶媒選択の根拠

### 試験法の条件：

- 使用した細胞株、その供給元、保存および維持条件、試験に使用した細胞の継代数および細胞密度
- 試験前の播種に用いた細胞計数法と、均一な細胞数を確保するための措置

- 使用した照度計（モデル、装置設定等）。使用したルシフェラーゼ基質（製品名、供給元、ロット）
- プレートの種類とその供給元およびコード
- プロトコルに規定された適用手順および曝露時間
- 満たすべき許容基準のリスト
- 試験手順を変更した場合、その記述
- 細胞毒性手順への言及

#### **AR-EcoScreen™ 試験法で得られた結果：**

##### *以下の参照標準の結果の作表*

- すべての参照標準について：発光シグナルの正規化データ；許容基準の適用結果
- 誤差の測定値（例、SD、% CV または 95%信頼区間）

##### *以下の被験物質の結果の作表*

- 既知の場合は溶解度データおよび安定性
- 必要に応じて、被験物質が添加された培地中の沈殿物の測定
- 各ランについて：
  - 細胞毒性データ
  - 試験濃度
  - 発光シグナルの正規化データおよび誤差の測定値（例、SD、% CV または 95%信頼区間）
  - アゴニスト試験：適切な場合、PC<sub>max</sub>、log PC<sub>10</sub>、log PC<sub>50</sub>、EC<sub>50</sub> 値、最大誘導倍率
  - アンタゴニスト試験：log IC<sub>30</sub>、log IC<sub>50</sub>、最大阻害倍率
  - 判定基準適用後の化学物質ごとの結果（陽性または陰性）
  - （2回または3回のランの結果に基づく）化学物質ごとの結論（陽性または陰性）
- ラン実施数
- 参照化学物質および被験物質の濃度－反応関係を表すグラフ
- その他の関連する知見の記述

#### **AR-CALUX® 試験法で得られた結果：**

##### *以下の参照標準の結果の作表*

- すべての参照標準について：発光シグナルの正規化データ；許容基準の適用結果
- さらに、参照化学物質について：DHTのEC<sub>10</sub>およびEC<sub>50</sub>値、フルタミドのIC<sub>20</sub>およびIC<sub>50</sub>値
- 変動係数などの誤差の測定

##### *以下の被験物質の結果の作表*

- 既知の場合は溶解度データおよび安定性
- 必要に応じて、被験物質が添加された培地中の沈殿物の測定

- プレスクリーニングランについて：
  - 細胞毒性データ（LDH 漏出および顕微鏡観察）
  - 試験濃度
    - 発光シグナルの正規化データおよび誤差の測定値（例、SD、% CV または 95%信頼区間）
  - 包括的ランについて：
    - 細胞毒性データ（顕微鏡観察）
    - 希釈係数を含む、試験濃度
    - 発光シグナルの正規化データおよび誤差の測定値（例、SD、% CV または 95%信頼区間）
    - アゴニスト試験：適切な場合、 $RPC_{max}$ 、 $PC_{max}$ 、 $EC_{10}$ 、 $EC_{50}$ 、 $PC_{10}$ 、 $PC_{50}$ 、 $\log EC_{50}$  の|CV|
    - アンタゴニスト試験：適切な場合、 $RPC_{min}$ 、 $PC_{min}$ 、 $IC_{20}$ 、 $IC_{50}$ 、 $PC_{80}$ 、 $PC_{50}$ 、 $\log IC_{50}$  の|CV|
    - 特異性対照：R2
    - （包括的ランに基づく）判定基準適用後の化学物質ごとの結果（陽性または陰性）。
  - 特異性対照のグラフを含む、参照化学物質および被験物質の濃度－反応関係を表すグラフ
  - その他の関連する知見の記述

#### 22Rv1/MMTV\_GR-KO 試験法で得られた結果：

##### 以下の参照標準の結果の作表

- すべての参照標準について：発光シグナルの正規化データおよび許容基準の適用結果
- 誤差の測定値（例、SD、% CV または 95%信頼区間）

##### 以下の被験物質の結果の作表

- 既知の場合は溶解度データおよび安定性
- 必要に応じて、被験物質が添加された培地中の沈殿物の測定
- 各プレスクリーニングランおよび各包括的ランについて：
  - 細胞毒性データ
  - 希釈係数を含む、試験濃度
  - 発光シグナルの正規化データおよび誤差の測定値（変動係数等）
  - アゴニスト試験： $\log PC_{10}$ 、 $\log PC_{50}$ 、最大誘導倍率
  - アンタゴニスト試験： $\log IC_{30}$ 、 $\log IC_{50}$ 、最大阻害倍率
  - 特異性対照：R<sup>2</sup>
  - 判定基準適用後の化学物質ごとの結果（陽性または陰性）
  - （2回または3回のプレスクリーニングランまたは2回または3回の包括的ランの結果に基づく）化学物質ごとの結論（陽性または陰性）
  - 実施したランの回数（プレスクリーニングおよび包括的試験）
  - 特異性対照のグラフを含む、参照化学物質および被験物質の濃度－反応関係を表すグラフ
  - その他の関連する知見の記述

結果の考察

結論

## 補遺 C. (試験法 1) 安定に形質移入されたヒト AR-EcoScreen™細胞株を用いた、化学物質のアンドロゲンアゴニストおよびアンタゴニスト活性の検出を目的とした、アンドロゲン受容体の転写活性化試験

### 最初に考慮すべき事項および限界

1. 本試験法を使用する前に「はじめに」を読むこと（本文 6～9 頁）。
2. AR-EcoScreen™ 法では、AR-EcoScreen™細胞株を用いて（抗）アンドロゲン活性を検出する。本試験法では、もっぱらヒト AR に結合することにより引き起こされるアンドロゲン調節レポーター遺伝子の転写活性化および阻害を対象としているため、複雑な *in vivo* 系である細胞過程のアンドロゲン調節に直接外挿してはならない。また、*in vitro* 細胞系の代謝能が限られていることを考慮すると、この試験は、親分子の活性に関する情報のみを示している可能性が高い。
3. 本試験法は、エンドポイントとしてルシフェラーゼ活性を測定することにより、ヒト AR が介在する転写活性化および阻害を特異的に検出できるよう設計されている。PC 値と固定用量フォーマットを使用することで、ハイスループットのアッセイデザインを実現することができる。しかし、ルシフェラーゼレポーター遺伝子アッセイシステムの過剰活性化または阻害により、発光シグナルに対する化学物質依存性の干渉が発生することが知られている (1) (2) (3)。従って、ルシフェラーゼレポーター遺伝子とこのような干渉が AR-EcoScreen™ルシフェラーゼアッセイシステムにも発生する可能性がある。データを評価する際にはこれを考慮しなければならない。
4. この細胞株は、グルココルチコイド受容体 (GR) 介在性の応答を最小限にするように開発されたが、AR 選択性に関する弱点が GR クロストークを生じる可能性がある (4) (5)。このため、GR を活性化する化学物質がこの試験法で陽性に分類されることがある。さらに調査する必要があると判断された場合は、被験物質を AR アンタゴニスト（ヒドロキシフルタミド (HF) など）とインキュベートして受容体非介在性ルシフェラーゼシグナルおよび GR 活性化の両方を試験し、被験物質による応答がブロックされるかどうかを確認するとよい（付録 1 参照）。
5. 試験法は単一の化学物質を用いて検証されたため、被験混合物への適用可能性は検討されていない。しかし理論上は、本試験法は多成分化学物質および混合物の試験に適用可能である。混合物について、規制対応の目的でデータを得るために本試験ガイドラインを使用する場合は、その前に、その目的にふさわしい結果が得られるのか、もしそうならその理由についてあらかじめ考慮する必要がある。



混合物の試験に関して規制上の要件がある場合は、このような考慮を行う必要はない。

6. 本試験法に使用した用語の定義および略語の説明を本試験ガイドラインの補遺 A に示す。

7. AR-EcoScreen™ の試験法は、OECD 非動物試験検証管理グループからの試験管理チームの支援を受けて、日本の化学物質評価研究機構（CERI）と国立医薬品食品衛生研究所（NIHS）の共同研究により検証されている (6)。

8. 以前の TG458 草案（2016）に、0.1  $\mu$ M HF を用いたアンタゴニストアッセイで AR EcoScreen™ 試験法が実施されたことが記載されている。これを 1.0  $\mu$ M HF（表 B.2b 参照）に更新して、アッセイの感度を高め、アンタゴニストアッセイのバリデーションで用いた濃度と一致させた。性能基準が満たされた場合、0.1  $\mu$ M HF を用いて実施した過去の試験の結果は信頼できるものである。

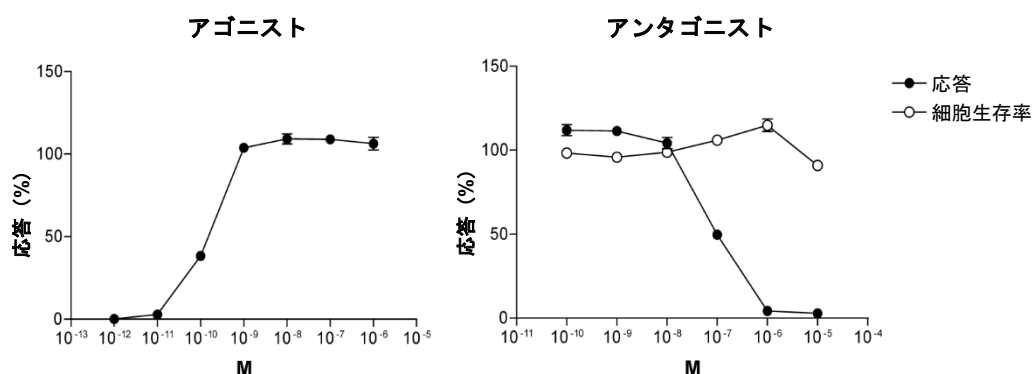
## 試験法の原理

9. レポーター遺伝子技術を用いる本試験法は、機序に関するデータを提供する *in vitro* のツールである。この試験法は、リガンドによって引き起こされる AR のシグナル活性化またはブロックを証明するために用いる。リガンドと結合すると、受容体-リガンド複合体は細胞核へ移行し、そこで特異的な DNA 応答エレメントと結合し、ホタルルシフェラーゼのレポーター遺伝子の転写活性化を引き起こすことによりルシフェラーゼ酵素の細胞内発現量が増加する。ルシフェリンは、ルシフェラーゼ酵素により、照度計での定量的測定が可能な生物発光生成物に変換される基質である。ルシフェラーゼ活性は、いくつもの市販されている試験キットを用いることで速やかかつ安価に測定することができる。

10. この補遺に示す試験系は、チャイニーズハムスター卵巣細胞株（CHO-K1）に由来する安定的に挿入された以下の 3 つの構築物を持つ AR-EcoScreen™ 細胞株を用いている：(i) ヒト AR 発現構築物（21 回の CAG トリヌクレオチドショートタンデムリピートを持つ Genbank ID M20132 と同一の、完全長のヒトレポーター遺伝子をコードする）、および (ii) 最小熱ショックタンパク質プロモーターによって駆動される前立腺 C3 遺伝子応答エレメントの 4 つのタンデムリピートを有するホタルルシフェラーゼレポーター構築物。C3 遺伝子由来のアンドロゲン応答エレメントは、GR 介在性の応答を最小限に抑えるよう選択する。また、(iii) 細胞生存率評価で、純粋なアンタゴニスト作用と細胞毒性に関連したルシフェラーゼ活性の低下とを区別するため、SV40 プロモーター下で安定的かつ非誘導的に発現させたウミシイタケルシフェラーゼレポーター構築物を形質移入した。2 つの酵素活性は、同じ細胞および同じウェル内で同時に測定することができる。この特徴により、アンタゴニストの検出が容易になる (7) (8)。AR-Ecoscreen GR KO M1 (JCRB1761) は、まだ正式には検証されていないが、遺伝子編集により改変された GR KO を有する細胞株であり、AR 介在性アンタゴニスト作用をさらに厳格に検討するために、JCRB から入手することが可能である (9)。

11. **AR アゴニスト作用**のデータ判定は、被験物質により誘発される最大応答レベルに基づいている。この応答が、AR アゴニスト対照（PC<sub>AGO</sub>）である 10 nM 5 $\alpha$ -ジヒドロテストステロン（DHT）により誘発された応答の 10%（すなわち log PC<sub>10</sub>）以上である場合、その被験物質を陽性とみなす。被験物質の **AR アンタゴニスト作用**のデータ判定は、500 pM DHT に対する 30% 阻害応答（すなわち log IC<sub>30</sub>）のカットオフ値に基づいている。応答がこの 30% AR ブロッキングを超える場合、その被験物質を AR アンタゴニスト陽性とみなす。データの解析および判定については、段落 48～60 に詳しく説明している。典型的なアゴニストおよびアンタゴニストの参照化学物質曲線（DHT および HF）を図 C.1 に示す。

図 C.1.典型的な陽性対照の応答



### 試験実施施設習熟度の実証

12. AR EcoScreen™で活性が未知の化学物質を試験する前に、試験系の応答性について、期待される結果が得られることを各実験室で確認する。確認は、凍結保存状態から取り出し、新規に調製した細胞ストックのバッチそれぞれについて少なくとも 1 回行う。この確認は、アゴニスト作用については本試験ガイドライン補遺 B の表 B.4a、アンタゴニスト作用については同表 B.4b 記載の習熟度確認化学物質を独立して試験することによって行う。これは異なる日に少なくとも 2 回実施し、結果が補遺 B の表 B.4a および B.4b の分類や値と一致しなければならない。逸脱があればその正当性を示すこと。表 B.2a および B.2b では既知の主要な活性によって習熟度確認物質を分類しているが、習熟度評価にはこれを使用する。

### 手順

#### 細胞株

13. アッセイには、安定に形質移入した AR-EcoScreen™細胞株を使用する必要がある。この細胞株は、参照 No. JCRB1328 として JCRB (Japanese Collection of Research Bioresources) 細胞バンクから、ライセンス契約を含めた物質移動合意書 (MTA ; Material Transfer Agreement) に署名した上で入手することができる。

14. 試験には、マイコプラズマを含まないことが確認された細胞のみを使用すること。マイコプラズマ感染の高感度検出には、PCR に基づく試験法が推奨される (10) (11) (12)。

#### 細胞株の安定性

15. アゴニストアッセイにおける細胞株の安定性をモニターするため、DHT、メスタロンおよびフタル酸ジ (2-エチルヘキシル) (DEHP) を参照標準として使用すること。各アッセイ実施時に少なくとも 1 回は、表 C.1b に示す試験濃度範囲および表 C.a に示すプレート濃度の割りあてで、3 つの参照標準すべてについて完全な濃度反応曲線が得られ、結果が表 C.1a および C.1b に示す結果と一致しなければならない。

16. AR アンタゴニスト作用測定における細胞株の安定性をモニターするため、HF、ビスフェノール A (BPA) および DEHP を参照標準として使用すること。各アッセイ実施時に少なくとも 1 回は、表 C.1d に示す試験濃度範囲および表 C.2b に示すプレート濃度の割りあてで、3 つの参照標準すべてについて完全な濃度反応曲線が得られ、結果が表 C.1c および C.1d に示す結果と一致しなければならない。

### 細胞培養および播種条件

17. 以下の溶媒を調製する。

- 希釈用培地：フェノールレッドを含まない D-MEM/F-12。
- 細胞増殖用培地：フェノールレッドを含まない D-MEM/F-12 に 5% v/v ウシ胎児血清 (FBS)、ゼオシン (200 µg/mL)、ハイグロマイシン (100 µg/mL)、ペニシリン (100 単位/mL) およびストレプトマイシン (100 µg/mL) を添加したもの。
- アッセイプレート用培地：フェノールレッドを含まない D-MEM/F-12 に 5% v/v チャコール・デキストラン処理 (DCC) -FBS、ペニシリン (100 単位/mL) およびストレプトマイシン (100 µg/mL) を添加したもの。

18. 細胞を、細胞増殖用培地と共に CO<sub>2</sub> インキュベーター (5% CO<sub>2</sub>) 内で 37 ± 1°C で維持する。細胞密度が 75~90% になったら (すなわち 3~4 日ごと)、φ100 mm の細胞培養ディッシュに細胞を継代し、10 mL、密度 0.4~0.8 × 10<sup>5</sup> 細胞/mL にする。アッセイプレート (96 ウェルプレート) の作製では、細胞をアッセイプレート用培地に懸濁し、90 µL/ウェル、1.0 × 10<sup>5</sup> 細胞/mL になるようにマイクロタイタープレートのウェルに播種する。次に細胞を 5% CO<sub>2</sub> インキュベーターに入れ、37 ± 1°C で 24 時間、前培養してから化学物質への曝露を行う。

19. 応答の完全性を維持するため、細胞は凍結保存状態から取り出した後、調整済みの細胞増殖用培地にて 2 代以上継代させる。ただし、継代回数は 40 代を超えないようにする。AR-EcoScreen™ 細胞株は適切な培養条件下で最大 3 ヶ月間安定である。

20. DCC-FBS は市販品を入手することができる。DCC-FBS の選択はアッセイの性能にとって重要である。従って、増殖能および参照標準を用いたアッセイ性能への影響の確認に基づいて、適切な DCC-FBS を選択すべきである。

### 許容基準

#### 陽性および陰性の参照標準

21. 試験前および試験中に、表 C.1b および C.1d に示す適切な濃度の既知の参照標準 (アゴニストアッセイの陽性参照標準として DHT およびメスタノロン、アンタゴニストアッセイの陽性参照標準として HF および BPA、また、アゴニストおよびアンタゴニストアッセイの陰性参照標準として DEHP) を用いて試験系の応答性を検証する必要がある。バリデーション試験で得られた許容範囲値を表 C.1b および C.1c に示す (2)。各 AR アゴニスト/アンタゴニストアッセイにおける、これら 3 つの同時参照標準を各 AR アゴニスト/アンタゴニスト実験 (材料、細胞の継代数を含め同じ条件下で、同じ技術者が実施) に含める必要があり、その結果は所定の許容限度内で、陽性参照標準の濃度反応曲線がシグモイド状でなければならない。これが満たされない場合には、許容基準を満たせなかった原因を特定し (細胞の取り扱い、血清や抗生物質の品質、濃度等)、アッセイをやり直す。許容基準を満たしたら、log PC<sub>50</sub>、log PC<sub>10</sub>、log IC<sub>30</sub>、log IC<sub>50</sub> の値のばらつきを最小限に抑えるため、常に同じ材料を使用して細胞培養を行うことが重要である。

22. 3 つの同時参照標準の許容基準で、アッセイの定量感度の正確度を保証することができるが、定性的評価を目的とする場合、品質基準が満たされれば、参照標準の許容範囲 (表 C.1b および C.1c に規定) からの逸脱を許容できることがある。各実験に参照標準を含め、表 C.1b および C.1c に示すパラメータに従って結果を判定する必要がある一方で、陽性参照標準 (参照化学物質および陽性対照) の濃度反応曲線がシグモイド状でなければならない。

表 C.1a.AR アゴニストアッセイの品質基準

PC <sub>AGO</sub> (10 nM DHT) の誘導倍率	≥ 6.4
IF PC <sub>10</sub>	1 + 2SD (VC 誘導能) を超える

IF PC<sub>10</sub> : AR アゴニスト対照 (PC<sub>AGO</sub> : 10 nM DHT) の PC<sub>10</sub> (10%) に相当する誘導倍率

SD : 標準偏差、VC : 溶媒対照

以下の式により、PC<sub>AGO</sub> の誘導倍率を算出する :

$$\text{PC}_{\text{AGO}} \text{ の誘導倍率} = \frac{\text{PC}_{\text{AGO}} \text{ (10 nM DHT) の平均 RLU}}{\text{VC の平均 RLU}}$$

RLU : 相対発光量

表 C.1b.AR アゴニストアッセイのための参照標準の許容範囲

化学物質名[CAS 番号]	判定	logPC <sub>10</sub>	logPC <sub>50</sub>	試験範囲
5α-ジヒドロテストステロン (DHT) [521-18-6]	陽性 : PC <sub>10</sub> を算出することができる	-12.08 ~ -9.87	-11.03 ~ -9.00	1.0 x 10 <sup>-12</sup> ~ 1.0 x 10 <sup>-6</sup> M
メスタノロン[521-11-9]	陽性 : PC <sub>10</sub> を算出することができる	-10.92 ~ -10.41	-10.15 ~ -9.26	1.0 x 10 <sup>-12</sup> ~ 1.0 x 10 <sup>-6</sup> M
フタル酸ジ (2-エチルヘキシル) (DEHP) [117-81-7]	陰性 : PC <sub>10</sub> を算出できない	-	-	1.0 x 10 <sup>-11</sup> ~ 1.0 x 10 <sup>-5</sup> M

表 C.1c.AR アンタゴニストアッセイの品質基準

AG ref の誘導倍率	$\geq 5.0$
PC <sub>ATG</sub> の RTA (%)	$\leq 46$

AG ref : アゴニストアッセイにおけるアゴニスト参照 (500 pM DHT)

RTA : 相対的転写活性

PC<sub>ATG</sub> : AR アンタゴニスト対照 (500 pM DHT、1  $\mu$ M HF)

以下の式により、AG ref の誘導倍率を算出する :

$$\text{AG ref の誘導倍率} = \frac{\text{AG ref (500 pM DHT) の平均 RLU}}{\text{VC の平均 RLU}}$$

VC : 溶媒対照、RLU : 相対発光量

以下の式により、PC<sub>ATG</sub> の RTA (%) を算出する :

$$\text{PC}_{\text{ATG}} \text{ の RTA (\%)} = \left( \frac{\text{PC}_{\text{ATG}} \text{ の平均 RLU} - \text{VC の平均 RLU}}{\text{AG ref の平均 RLU} - \text{VC の平均 RLU}} \right) \times 100$$

表 C.1d.AR アンタゴニストアッセイのための参照標準の許容範囲

化学物質名[CAS 番号]	判定	log IC <sub>30</sub>	log IC <sub>50</sub>	試験範囲
ヒドロキシフルタミド (HF) [52806-53-8]	陽性： IC <sub>30</sub> を算出することができる	-8.37 ~ -6.41	-7.80 ~ -6.17	1.0 x 10 <sup>-10</sup> ~1.0 x 10 <sup>-5</sup> M
ビスフェノール A (BPA) [80-05-7]	陽性： IC <sub>30</sub> を算出することができる	-7.52 ~ -4.48	-7.05 ~ -4.29	1.0 x 10 <sup>-10</sup> ~1.0 x 10 <sup>-5</sup> M
フタル酸ジ (2-エチルヘキシル) (DEHP) [117-81-7]	陰性： IC <sub>30</sub> を算出することができない	-	-	1.0 x 10 <sup>-10</sup> ~1.0 x 10 <sup>-5</sup> M

## 溶媒対照、AR アゴニスト対照およびAR アンタゴニスト対照

23. **アゴニストアッセイ**では、内因性リガンド (10 nM の DHT) で処理した AR アゴニスト対照 (PC<sub>AGO</sub>) ウェル (n = 4)、溶媒のみで処理した溶媒対照 (VC) ウェル (n = 4) および細胞毒性の陽性対照 (PC<sub>CT</sub>, 10 µg/mL のシクロヘキシミド) ウェル (n = 4) を、表 C.2a および表 C.3b に示したプレートデザインに従い、各アッセイプレートで調製する。

24. **アンタゴニストアッセイ**では、溶媒対照 (n = 3)、AR アゴニスト対照 (PC<sub>AGO</sub>, 10 nM の DHT, n = 3)、AR アンタゴニスト対照 (PC<sub>ATG</sub>, 500 pM DHT および 1 µM HF, n = 3)、細胞毒性の陽性対照 (PC<sub>CT</sub>, 10 µg/mL のシクロヘキシミド, n = 3) およびアゴニスト参照 (AG ref, 500 pM の DHT, n = 12) を、表 C.2b および表 C.3b に示したプレートデザインに従い、各アッセイプレートで調製する。

## AR アゴニストアッセイの品質基準

25. PC<sub>AGO</sub> (10 nM DHT) のルシフェラーゼ活性の平均値が、アゴニストアッセイの各プレートの平均 VC の 6.4 倍以上であること。この基準は、バリデーション試験で得られたエンドポイント値の信頼性に基づいて設定された。

26. アッセイの品質管理に関して、AR アゴニスト対照 (PC<sub>AGO</sub>: 10 nM DHT) の log PC<sub>10</sub> (10%) に対応する誘導倍率 (IF PC<sub>10</sub>) が、同時 VC の誘導値 (= 1) の 1 + 2SD よりも大きくなければならない。

## AR アンタゴニストアッセイの品質基準

27. AG ref (500 pM DHT) のルシフェラーゼ活性の平均値が、アンタゴニストアッセイにおける各プレートの平均 VC の 5.0 倍以上であること。この基準は、バリデーション試験で得られたエンドポイント値の信頼性に基づいて設定された。

28. PC<sub>ATG</sub> (500 pM DHT および 1 µM HF) の RTA が 46%未満であること。

## 要約すると：

29. 許容基準は以下のとおりである：

## AR アゴニストアッセイについて：

- PC<sub>AGO</sub> (10 nM DHT) のルシフェラーゼ活性の平均値が、各プレートの平均 VC の 6.4 倍以上であること。
- 同時 PC<sub>AGO</sub> (10 nM DHT) の log PC<sub>10</sub> 値に相当する誘導倍率が、VC の誘導倍率の値



の  $1 + 2SD$  よりも大きくなければならない。

- 陽性参照標準の濃度反応曲線がシグモイド状でなければならない。
- 3種類の参照標準の結果が、許容範囲内に収まること（表 C.1b）。

AR アンタゴニストアッセイについて：

- AG ref ( $[500 \text{ pM DHT}] / [\text{溶媒対照}]$ ) の誘導倍率が、各プレートの平均 VC の 5.0 倍以上でなければならない。
- PC<sub>ATG</sub> の RTA が 46%未満であること。
- 陽性参照標準の濃度反応曲線がシグモイド状でなければならない。
- 3種類の参照標準の結果が、許容範囲内に収まること（表 C.1d）。

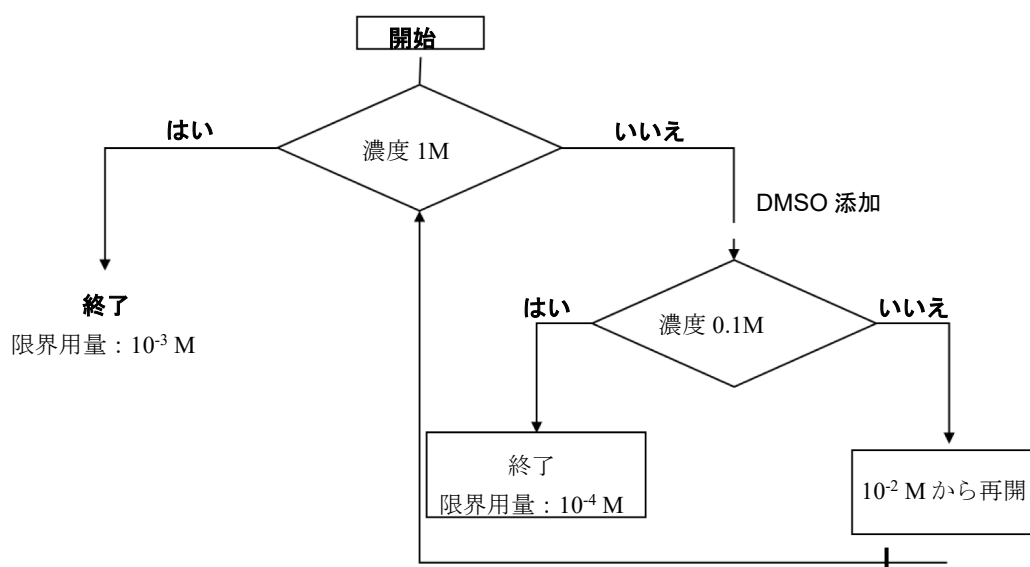
### 溶媒

30. 様々な陽性対照、陰性対照および被験物質に使用しているものと同濃度の適切な溶剤を同時 VC として用いる。被験物質を溶解することができ、細胞培地と混和可能な溶剤に、被験物質を溶解する。水、エタノール（純度 95～100%）およびジメチルスルホキシド（DMSO）が細胞に適した溶媒であると考えられる。一般的には、DMSO を使用する。この場合、ウェル内の最終濃度は 0.1%（v/v）を超えてはならない。その他の溶媒（例：エタノール）については、使用した最高濃度で細胞毒性を示さず、アッセイの性能に影響しないことを実証しなければならない（ウミシイタケルシフェラーゼの応答により確認）。

### 被験物質の調製

31. 被験物質を適当な溶剤（段落 30 参照）に溶解し、同じ溶剤を用い公比 1:10 で段階希釈する。被験物質の最高溶解濃度を決定するために、図 C.2 に示すフロー図に従って溶解度試験を実施しなければならない。

図 C.2.溶解度試験フロー図



限界用量：アッセイ濃度として試験する最高濃度。

はい：沈殿無し、いいえ：沈殿あり

32. 溶解度試験は、アッセイの最高濃度を決定するための非常に重要なステップであり、アッセイの感度に影響を及ぼす可能性がある。最高濃度は、アッセイプレート用培地中の最高濃度域で沈殿が起こらないように設定する。いずれの濃度においても沈殿があれば記録し、沈殿が認められた場合、その濃度は用量反応分析には含めない。

### 細胞毒性評価

33. AR アンタゴニストについては、高いレベルの細胞毒性があると典型的なシグモイド応答を著しく変化させたり、認められなくする場合があるため、データを判定する際には考慮に入れる必要がある。細胞毒性は、AR-EcoScreen™細胞株におけるウミシイタケルシフェラーゼ活性を用いて評価することができる。従って、AR 介在性の転写活性と細胞毒性を同じアッセイプレートで同時に評価すべきである。AR アゴニストでも、細胞毒性が濃度反応曲線の形を左右する場合がある。その場合、同一の被験物質を用いたアンタゴニストアッセイの結果から細胞毒性を評価する。

34. 細胞毒性試験の結果、ある被験物質濃度においてウミシイタケルシフェラーゼ活性が 20%以上減少した場合、この濃度は細胞毒性を示すとみなし、細胞毒性濃度およびこれを超える濃度を評価から除外する。被験物質の初回ランの結果、固有の細胞毒性を認めた場合、最高濃度を低くすべきである。次式により各ウェルの細胞毒性（%）を算出し、各被験物質濃度の細胞毒性（%）について、同濃度の3連ウェルの平均値を算出する。

アゴニストアッセイについて、

$$\text{細胞毒性 (\%)} = 100 - \left( \frac{\text{各ウェルの RLU} - \text{PC}_{\text{CT}} \text{の平均 RLU}}{\text{VC の平均 RLU} - \text{PC}_{\text{CT}} \text{の平均 RLU}} \right) \times 100$$

アンタゴニストアッセイについて、

$$\text{細胞毒性(\%)} = 100 - \left( \frac{\text{各ウェルの RLU} - \text{PC}_{\text{CT}} \text{の平均 RLU}}{\text{AG ref の平均 RLU} - \text{PC}_{\text{CT}} \text{の平均 RLU}} \right) \times 100$$

### 被験物質への曝露およびアッセイプレート構成

35. AR アゴニストアッセイでは、各被験物質をポリプロピレン製プレート上の一列またはその他の適切な物を用いて DMSO または適切な溶剤で段階希釈して最終的な段階希釈濃度、つまり溶解度試験で決定した最高濃度から始めて公比 10 で希釈し（例えば、1 mM、100 μM、10 μM、1 μM、100 nM、10 nM および 1 nM [ $10^{-3} \sim 10^{-9}$  M]）、マイクロタイタープレートのウェルに 3 回の反復試験として加える。

36. 被験物質の各試験濃度について、化学物質希釈手順（ステップ 1 および 2）および細胞曝露手順（ステップ 3）を以下のように実施することができる。

- ステップ 1：化学物質の希釈：まず溶剤に溶解した被験物質 10 μL を培地 90 μL に希釈する。
- ステップ 2：次に、ステップ 1 で調製した希釈化学物質 10 μL を培地 90 μL に希釈する。
- ステップ 3：細胞の化学物質への曝露：（ステップ 2 で調製した）希釈化学物質 10 μL を、 $9 \times 10^3$  細胞/90 μL/ウェルを含むアッセイウェルに添加する。
  - 各ウェルの培地の最終的な容量は 100 μL となることが望ましい。

37. 参照標準および被験試料を、表 C.2a および表 C.3a に示すように割りあてることができる。

**表 C.2a. アゴニストアッセイのアッセイプレートにおける参照標準のプレート濃度割りあての例**

列	DHT			メスタノロン			DEHP			被験物質 <sup>#</sup>		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1 $\mu$ M	→	→	1 $\mu$ M	→	→	10 $\mu$ M	→	→	1 mM	→	→
B	100 nM	→	→	100 nM	→	→	1 $\mu$ M	→	→	100 $\mu$ M	→	→
C	10 nM	→	→	10 nM	→	→	100 nM	→	→	10 $\mu$ M	→	→
D	1 nM	→	→	1 nM	→	→	10 nM	→	→	1 $\mu$ M	→	→
E	100 pM	→	→	100 pM	→	→	1 nM	→	→	100 nM	→	→
F	10 pM	→	→	10 pM	→	→	100 pM	→	→	10 nM	→	→
G	1 pM	→	→	1 pM	→	→	10 pM	→	→	1 nM	→	→
H	VC	→	→	→	PC <sub>AGO</sub>	→	→	→	PC <sub>CT</sub>	→	→	→

VC : 溶媒対照 (DMSO)

PC<sub>AGO</sub> : AR アゴニスト対照 (10 nM DHT)

PC<sub>CT</sub> : 細胞毒性対照 (10  $\mu$ g/mL シクロヘキシミド)

# : 被験物質の濃度は一例である

38. AR アンタゴニストアッセイでは、各被験物質をポリプロピレン製プレート上の一列またはその他の適切な物を用いて DMSO または適切な溶剤で段階希釈して最終的な段階希釈濃度、つまり溶解度試験で決定した最高濃度から始めて公比 10 で希釈し（例えば、1 mM、100  $\mu$ M、10  $\mu$ M、1  $\mu$ M、100 nM および 10 nM [ $1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-8}$  M]）、マイクロタイタープレートのウェルに 3 回の反復試験として加える。

39. 被験物質の各試験濃度について、化学物質希釈手順（ステップ 1 および 2）および細胞曝露手順（ステップ 3）を以下のように実施することができる。

- ステップ 1: 化学物質の希釈 : まず溶剤に溶解した被験物質 10  $\mu$ L を 56 nM DHT/DMSO\*含有培地 90  $\mu$ L に希釈する。
- ステップ 2 : 次に、ステップ 1 で調製した希釈化学物質 10  $\mu$ L を培地 90  $\mu$ L に希釈する。
- ステップ 3 : 細胞の化学物質への曝露 : (ステップ 2 で調製した) 希釈化学物質 10  $\mu$ L を、 $9 \times 10^3$  細胞/90  $\mu$ L/ウェルを含むアッセイウェルに添加する。
  - 各ウェルの培地の最終的な容量は 100  $\mu$ L となることが望ましい。
  - \* 56 nM DHT/DMSO を添加して、希釈後に 500 pM DHT、0.1% DMSO となるようにする。

40. 参照標準および被験試料を、表 C.2b および表 C.3b に示すように割りあてることができる。

表 C.2b. アンタゴニストアッセイのアッセイプレートにおける参照標準のプレート濃度割りあての例

列	HF			ビスフェノール A			DEHP			被験物質 <sup>#</sup>		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	10 µM	→	→	10 µM	→	→	10 µM	→	→	1 mM	→	→
B	1 µM	→	→	1 µM	→	→	1 µM	→	→	100 µM	→	→
C	100 nM	→	→	100 nM	→	→	100 nM	→	→	10 µM	→	→
D	10 nM	→	→	10 nM	→	→	10 nM	→	→	1 µM	→	→
E	1 nM	→	→	1 nM	→	→	1 nM	→	→	100 nM	→	→
F	100 pM	→	→	100 pM	→	→	100 pM	→	→	10 nM	→	→
G	AG ref	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
H	VC	→	→	PC <sub>AGO</sub>	→	→	PC <sub>ATG</sub>	→	→	PC <sub>CT</sub>	→	→

VC : 溶媒対照 (DMSO)

PC<sub>AGO</sub> : AR アゴニスト対照 (10 nM DHT)

AG ref : AR アゴニスト参照 (DMSO)

PC<sub>ATG</sub> : AR アンタゴニスト対照 (1 µM HF)

PC<sub>CT</sub> : 細胞毒性対照 (10 µg/mL シクロヘキシミド)

\*\*灰色のウェルは 500 pM DHT が添加されている

# : 被験物質の濃度は一例である

41. (表 C.2a および C.2b に示すように) 各実験において参照標準 (アゴニストアッセイでは DHT、メスタロンおよび DEHP ; アンタゴニストアッセイでは HF、BPA および DEHP) を試験しなければならない。アゴニストアッセイの各アッセイプレートに、10 µg/mL シクロヘキシミド (PC<sub>CT</sub>) を用いた細胞毒性対照のほかに、10 nM DHT (PC<sub>AGO</sub>) で処理したウェル、DMSO (または適切な溶剤) のみで処理したウェル (VC) を含める (表 C.3a)。アンタゴニストアッセイの場合、10 nM DHT を用いた AR アゴニスト対照 (PC<sub>AGO</sub>)、DMSO (または適切な溶剤) を用い、500 pM DHT を添加した AR アゴニスト参照 (AG ref)、1 µM HF を用い、500 pM DHT を添加した AR アンタゴニスト対照 (PC<sub>ATG</sub>)、および 10 µg/mL シクロヘキシミドを用いた細胞毒性対照 (PC<sub>CT</sub>) を各アッセイプレートに含める (表 C.3b)。由来の異なる細胞 (継代数やロット番号が異なる場合等) を同一の実験に用いる場合は、細胞の由来ごとに参照標準の試験を行う必要がある。

表 C.3a. アゴニストアッセイのアッセイプレートにおける被験物質およびプレート対照化学物質のプレート濃度割りあての例

列	被験物質 1			被験物質 2			被験物質 3			被験物質 4		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	濃度 1 (10 $\mu$ M)	→	→	1 mM	→	→	1 $\mu$ M	→	→	10 nM	→	→
B	濃度 2 (1 $\mu$ M)	→	→	100 $\mu$ M	→	→	100 nM	→	→	1 nM	→	→
C	濃度 3 (100 nM)	→	→	10 $\mu$ M	→	→	10 nM	→	→	100 pM	→	→
D	濃度 4 (10 nM)	→	→	1 $\mu$ M	→	→	1 nM	→	→	10 pM	→	→
E	濃度 5 (1 nM)	→	→	100 nM	→	→	100 pM	→	→	1 pM	→	→
F	濃度 6 (100 pM)	→	→	10 nM	→	→	10 pM	→	→	0.1 pM	→	→
G	濃度 7 (10 pM)	→	→	1 nM	→	→	1 pM	→	→	0.01 pM	→	→
H	VC	→	→	→	PC <sub>AGO</sub>	→	→	→	PC <sub>CT</sub>	→	→	→

VC : 溶媒対照 (DMSO)

PC<sub>AGO</sub> : AR アゴニスト対照 (10 nM DHT)

PC<sub>CT</sub> : 細胞毒性対照 (10  $\mu$ g/mL シクロヘキシミド)

被験物質の濃度は一例である

表 C.3b. アンタゴニストアッセイのアッセイプレートにおける被験物質およびプレート対照化学物質のプレート濃度割りあての例

列	被験物質 1			被験物質 2			被験物質 3			被験物質 4		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	濃度 1 (10 $\mu$ M)	→	→	1 mM	→	→	1 $\mu$ M	→	→	10 nM	→	→
B	濃度 2 (1 $\mu$ M)	→	→	100 $\mu$ M	→	→	100 nM	→	→	1 nM	→	→
C	濃度 3 (100 nM)	→	→	10 $\mu$ M	→	→	10 nM	→	→	100 pM	→	→
D	濃度 4 (10 nM)	→	→	1 $\mu$ M	→	→	1 nM	→	→	10 pM	→	→
E	濃度 5 (1 nM)	→	→	100 nM	→	→	100 pM	→	→	1 pM	→	→
F	濃度 6 (100 pM)	→	→	10 nM	→	→	10 pM	→	→	100 pM	→	→
G	AG ref	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
H	VC	→	→	PC <sub>AGO</sub>	→	→	PC <sub>ATG</sub>	→	→	PC <sub>CT</sub>	→	→

VC : 溶媒対照 (DMSO)

PC<sub>AGO</sub> : AR アゴニスト対照 (10 nM DHT)

AG ref : AR アゴニスト参照 (DMSO)

PC<sub>ATG</sub> : AR アンタゴニスト対照 (1  $\mu$ M HF)

PC<sub>CT</sub> : 細胞毒性対照 (10  $\mu$ g/mL シクロヘキシミド)

\*\*灰色のウェルは 500 pM DHT が添加されている

被験物質の濃度は一例である

43. 必要に応じて、エッジ効果がないことを確認する。もしエッジ効果が疑われる場合には、プレートの配置を変えて、この効果をなくすようにする。例えば、縁の部分のウェルを除外したプレート配置とするなどの方法が考えられる。

44. 化学物質を添加した後、アッセイプレートを 5% CO<sub>2</sub> インキュベーターに入れ、37°C  $\pm$  1°C で 20~24 時間培養を行い、レポーター遺伝子産物を誘導発現させる。

45. 揮発性の高い化学物質に対しては特別の考慮を払う必要がある。このような場合、近傍の対照物質のウェルが偽陽性を示す場合があるため、対照物質について経験的に得られている予測値を踏まえた上でこの現象に注意を払う必要がある。揮発性が懸念要因となる場合には、「プレートシーラー」の使用が試験実施中に各ウェルを確実に分離する上で有用であり、このような例には推奨される。

46. 独立性を確保するために、新たに調製したアッセイ試薬および被験物質の希釈液を用いて、同じ化学物質について確定的な試験を異なる日に反復しなければならない。1 回のランで複数の化学物質を同時に試験する場合は、化学物質の位置の影響を避けるため、化学物質を試験ウェルに添加する順序を変えながら、同じプレートデザインを維持することが望ましい。

### ルシフェラーゼ活性の測定

47. 許容基準を満たす限り、AR 応答（ホタルルシフェラーゼ活性）および細胞毒性（ウミシイタケルシフェラーゼ活性）の両方を同時に検出するのに、市販のデュアルレポーターアッセイシステム（Promega、E2920 または同等品）が望ましい。アッセイ試薬は、使用する照度計の感度に基づいて選択する。手順は製造業者の指示に従い、以下の変更を加えて行う。例えば、Dual-Glo ルシフェラーゼアッセイシステム（Promega、E2920）を用いる場合、基質を添加する前にアッセイプレートのウェルから 60  $\mu$ L の上清を除去し、最初の基質 40  $\mu$ L をアッセイウェルに直接添加して、ホタルルシフェラーゼのシグナルを測定する。最後に、2 つ目の基質 40  $\mu$ L を元のプレートのアッセイウェルに加えて、ウミ

シイタケルシフェラーゼ活性を検出する。ルシフェラーゼアッセイ試薬 [Steady-Glo® Luciferase Assay System (Promega、E2510 または同等のもの) 等] または標準ルシフェラーゼアッセイシステム (Promega、E1500 または同等のもの) を、AR 応答 (ホタルルシフェラーゼ活性) のみの検出に使用することができる。Steady-Glo Luciferase Assay System (Promega、E2510) を用いる場合は、調製した試薬 40  $\mu$ L をアッセイウェルに直接添加すること。標準ルシフェラーゼアッセイシステム (Promega、E1500 または同等のもの) を用いる場合は、基質を添加する前に Cell Culture Lysis Reagent (Promega、E1531 または同等のもの) を添加しなければならない。

## データの分析

48. **アゴニストアッセイの場合**、陽性対照 (10 nM DHT) に対する相対的な転写活性を求めるため、同一プレートからの発光シグナルの分析を、次のステップに従って行うことができる (他の同等の数学的手法も使用可能) :

- ステップ 1. 溶媒対照 (VC) の平均値を算出する。
- ステップ 2. 各ウェルの値から VC の平均値を引いて、溶媒による影響またはノイズを差し引く。
- ステップ 3. 補正した  $PC_{AGO}$  (= 正規化した  $PC_{AGO}$ ) の平均値を算出する。
- ステップ 4. プレートの各ウェルの補正した値を、正規化した  $PC_{AGO}$  の平均値で割る ( $PC_{AGO}$  を 100% とする)。
- 各ウェルの最終的な値は、 $PC_{AGO}$  の応答性に対する当該ウェルの相対的な転写活性となる。
- ステップ 5. 被験物質の各濃度について相対的転写活性の平均値を計算する。応答には 2 つの次元がある。1 つは平均した転写活性 (応答) であり、もう 1 つはその応答が起こる濃度である (段落 51~60 参照)。

49. **アンタゴニストアッセイの場合**、相対的転写活性を求めるため、同一プレートから出る発光シグナルの分析を次のステップに従って行うことができる (他の同等の数学的手法も使用可能) :

- ステップ 1. VC の平均値を計算する。
- ステップ 2. 各ウェルの値から VC の平均値を引いて、溶媒による影響またはノイズを差し引く。
- ステップ 3. 補正した AG ref (= 正規化した AG ref) の平均値を算出する。
- ステップ 4. プレートの各ウェルの補正した値を、正規化した AG ref の平均値で割る (AG ref を 100% とする)。

50. 各ウェルの最終的な値は、AG ref の最大応答に対する当該ウェルの相対的な転写活性となる。

- ステップ 5. 被験物質の各濃度群について相対的転写活性の平均値を計算する。応答には 2 つの次元がある。1 つは平均した転写活性 (応答) であり、もう 1 つはその応答が起こる濃度である (段落 51~60 参照)。

*パラメータの算出 :  $EC_{50}$ 、 $\log PC_{50}$ 、 $\log PC_{10}$ 、 $\log IC_{50}$  および  $\log IC_{30}$  誘導に関する考慮事項*

51.  $EC_{50}$  を計算するには完全な濃度反応曲線が必要となるが、(例えば、細胞毒性や溶解度の問題等が原因で) 被験物質の濃度範囲には制限があるため、この計算が常に実施可能または実際的であるとは言えない。しかし、 $EC_{50}$  および最大誘導レベル (ヒルの式中、Top の値に相当) は有用なパラメータであるため、可能な場合にはこれらのパラメータも報告する必要がある。 $EC_{50}$  および最大誘導レベルの



計算には、適切な統計ソフトウェアを使用する（Graphpad Prism 統計ソフトウェア等）。

52. ヒルのロジスティック方程式を濃度反応データに適用できる場合は、次の式に従って  $EC_{50}$  を算出する (13) :

- $Y = \text{Bottom} + (\text{Top} - \text{Bottom}) / (1 + 10^{\exp((\log EC_{50} - X) \times \text{ヒル勾配}))}$
- ここで  $X$  は濃度の対数、
- $Y$  は応答を示す。 $Y$  は Bottom から始まり、シグモイド曲線をたどって Top へ向かう。ヒルのロジスティック方程式では、Bottom はゼロに固定される。

53. 細胞毒性を評価するため、細胞生存率を、段落 34 に示した式に従い、アゴニストアッセイでは溶媒対照ウェルのウミシイタケルシフェラーゼ活性の平均値に対する、アンタゴニストアッセイでは AG ref (500 pM DHT) ウェルのウミシイタケルシフェラーゼ活性の平均値に対する、化学物質処理したウェルのウミシイタケルシフェラーゼ活性の割合 (%) として表す。

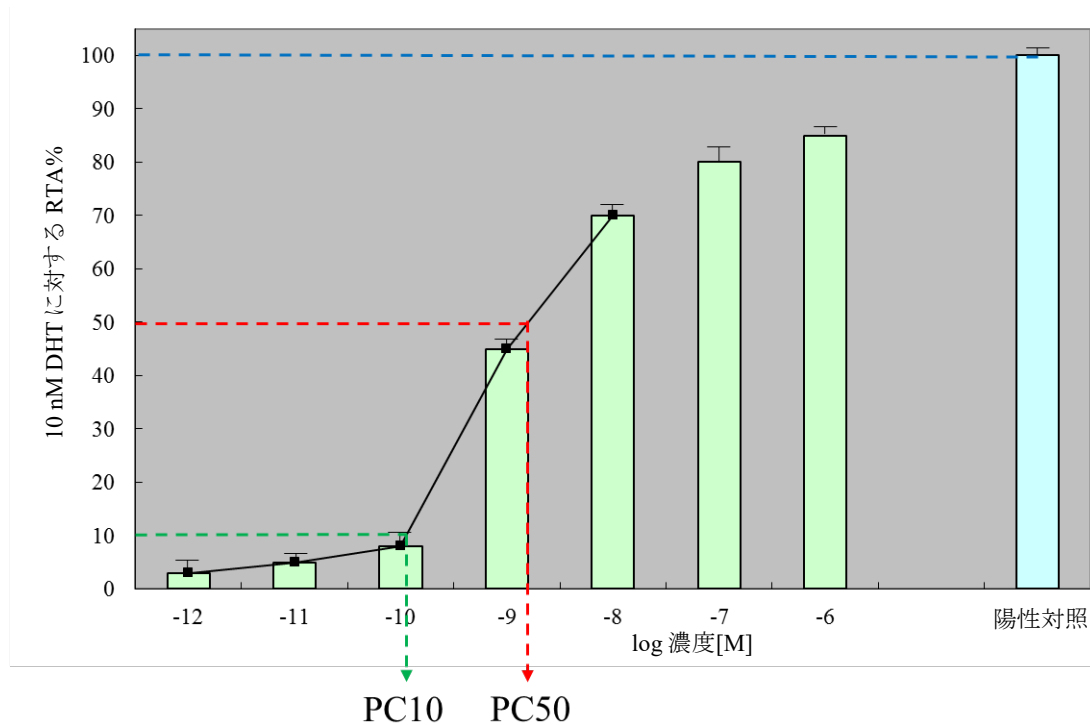
54. アゴニストアッセイの場合、各被験物質について以下の情報を示さなければならない。

- (i) 同一プレート上で  $PC_{AGO}$  (10 nM DHT) によって誘導される応答に対する割合 (%) で表される、被験物質によって誘導される最大応答レベル ( $RPC_{max}$ ) 。
- (ii) 陽性化学物質については、参照化学物質 DHT の作用の 10% に相当する作用を誘導する濃度 ( $\log PC_{10}$ ) と、適切な場合は参照化学物質 DHT の作用の 50% に相当する作用を誘導する濃度 ( $\log PC_{50}$ ) 。

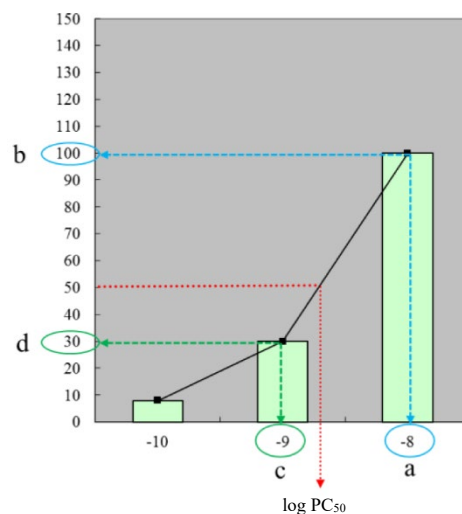
55.  $\log PC_x$  値 ( $x$  は  $PC_{AGO}$  と比較して 10% または 50% の誘導といった、選択した応答を示す) の概要を図 C.3 に示す。 $\log PC_{10}$  値および  $\log PC_{50}$  値は、 $PC_{AGO}$  (AR アゴニスト対照 ; 10 nM DHT) により誘導される転写活性の 10% または 50% を誘発すると推定される被験物質濃度と定義できる。各  $\log PC_x$  値を、転写活性の 2 つの変数データポイントを用いた単純な線形回帰により算出することができる。 $\log PC_x$  値のすぐ上とすぐ下のデータ点の座標を、それぞれ (a,b) および (c,d) とした場合、 $\log PC_x$  値を次の式および図 C.3 を用いて計算できる。

$$\log[PC_x] = c + [(x-d)/(b-d)](a-c)$$

図 C.3.log PCx 値の概要図



アゴニストアッセイでは、PC<sub>AGO</sub>（AR アゴニスト対照；10 nM DHT）を各アッセイプレートに含める。  
RTA：相対的転写活性

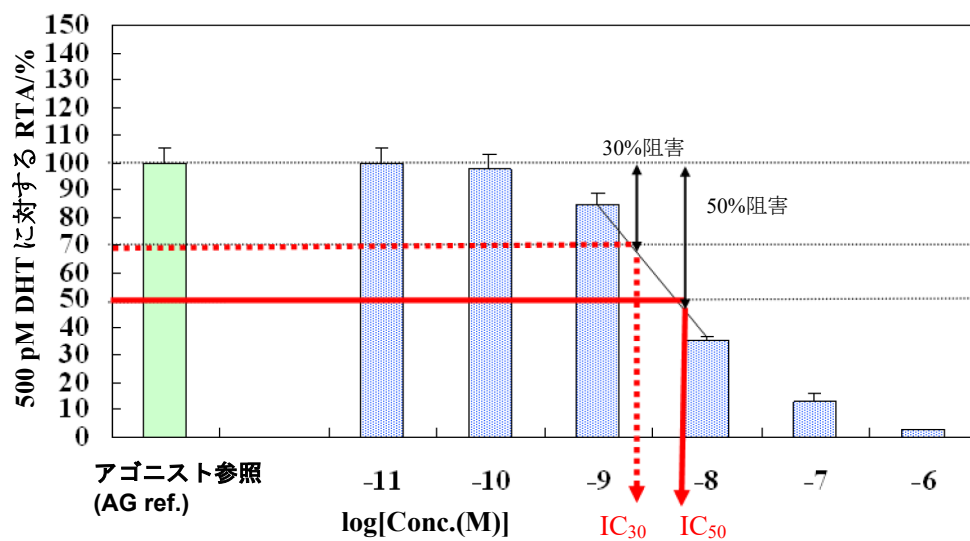
図 C.4.log PC<sub>50</sub> の計算例

56. アンタゴニストアッセイの場合、各陽性被験物質について、500 pM DHT で誘導される転写活性の 30% 阻害を示す濃度 (log IC<sub>30</sub>) と、適切な場合は 500 pM DHT の活性の 50% 阻害を示す濃度 (log IC<sub>50</sub>) を提示する。

57.  $\log IC_x$  値 (x は DHT 対照と比較して 30% または 50% の阻害といった、選択した応答を示す) の概要を図 C.5 に示す。 $\log IC_{50}$  値および  $\log IC_{30}$  値は、500 pM DHT による転写活性の 50% または 30% 阻害のいずれかを誘発すると推定される被験物質の濃度と定義できる。これらの値を、 $\log PC$  値と同じ方法で計算できる。各  $\log IC_x$  値を、転写活性の 2 つの変数データポイントを用いた単純な線形回帰により算出することができる。 $\log IC_x$  値のすぐ上とすぐ下のデータ点の座標を、それぞれ (c,d) および (a,b) とした場合、 $\log IC_x$  値を次の式および図 C.5 を用いて計算できる。

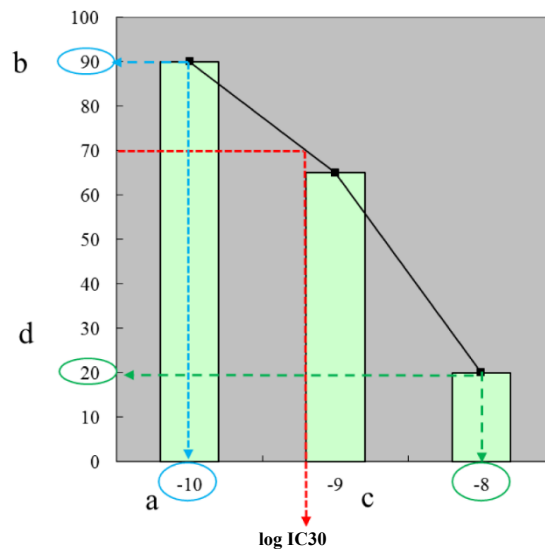
$$\log [IC_x] = a - [(b - (100 - x)) / (b - d)] (a - c)$$

図 C.5.  $\log IC$  値の概要図



アンタゴニストアッセイでは、AG ref (500 pM DHT を添加した 0.1% DMSO) を各アッセイプレートに含める。

RTA : 相対的転写活性

図 C.6.log IC<sub>30</sub> の計算例

58. 純粋なアンタゴニスト作用と細胞毒性に関連したルシフェラーゼ活性の低下を区別するために、AR-EcoScreen™はAR 応答エレメントにより誘導的に発現するホタルルシフェラーゼと、安定的かつ非誘導的に発現するウミシイタケルシフェラーゼの2種類のルシフェラーゼを発現するよう設計されている。

59. デュアルレポーターアッセイシステムを用いることで、1回のプレートランで同じ細胞における細胞生存率とアンタゴニスト作用の両方を評価することができる。細胞毒性対照（PC<sub>CT</sub>、10 µg/mL シクロヘキシミド）に対する応答を、すべての試料ウェルからPC<sub>CT</sub>値（いわゆる「ウミシイタケ活性」）を差し引いて、ウミシイタケ活性を調整するために使用する。AR Ecoscreen™アッセイを用いて化学物質の真の細胞毒性を評価するには、このように修正した細胞生存率を使用する必要がある。細胞生存率が被験物質の特定の濃度で80%未満の場合、このようなデータポイントを計算から除外する。

60. 結果（すなわち被験物質の陽性または陰性判定）は、少なくとも2回または3回の独立したランに基づいていなければならない。2回のランの結果が似ており再現性が認められる場合には、3回目のランを行わなくてもよい。許容できる結果とは、次の条件を満たすものを言う。

- 許容基準を満たしている（段落 21～29 参照）
- 3連のウェルで再現性がある（CV<20%）。

## データ判定基準

61. アゴニストアッセイについて、データ判定基準を表 C.4a に示す。陽性の結果は、作用の程度およびその作用をもたらした濃度の2点によって明らかになる。すなわち、50%（log PC<sub>50</sub>）または10%（log PC<sub>10</sub>）が得られる濃度を示すことにより、目的を達成することができる。ただし、被験物質によって誘導された最大応答（RPC<sub>max</sub>）が、2回のランのうち2回とも、もしくは3回のランのうち2回で参照化学物質の応答の10%と同等またはこれを超えた場合に当該化学物質を陽性と判定し、RPC<sub>max</sub>が、少なくとも2回のランのうち2回とも、もしくは3回のランのうち2回で参照化学物質の応答の10%に満たなかった場合には陰性とみなす。

表 C.4a. アゴニストアッセイにおける陽性および陰性の判定基準

陽性	陽性対照の応答の 10% と同等またはこれを超える $RPC_{max}$ が得られた場合。
陰性	$RPC_{max}$ が陽性対照の応答の 10% に満たなかった場合。

62. アンタゴニストアッセイについて、データ判定基準を表 C.4b に示す。陽性の結果は、作用の程度およびその作用をもたらした濃度の 2 点によって明らかになる。すなわち、50% ( $\log IC_{50}$ ) または 30% ( $\log IC_{30}$ ) が得られる濃度を示すことにより、目的を達成することができる。ただし、少なくとも 2 回のランのうち 2 回とも、もしくは 3 回のランのうち 2 回で  $\log IC_{30}$  を算出できた場合は被験物質を陽性と判定し、2 回のランのうち 2 回とも、もしくは 3 回のランのうち 2 回で  $\log IC_{30}$  を算出できなかった場合は被験物質を陰性とみなす。

表 C.4b. アンタゴニストアッセイにおける陽性および陰性の判定基準

陽性	$\log IC_{30}$ が算出された場合。
陰性	$\log IC_{30}$ を計算できない場合。

63. アゴニストアッセイにおける  $\log PC_{10}$ 、 $\log PC_{50}$ 、 $RPC_{max}$ 、アンタゴニストアッセイにおける  $\log IC_{50}$ 、 $\log IC_{30}$  の計算は、OECD 公式ウェブサイトの試験ガイドラインのページから入手できる表計算シートを用いて行うことができる。

64.  $\log PC_x$  値または  $\log IC_x$  値の算出は少なくとも 2 回実施する必要がある。ただし、同じ濃度範囲におけるデータのベースライン値のばらつきが大きく、変動係数 (%CV) が高い場合、このデータを信頼性に欠けると判断し、大きなばらつきをもたらした原因を特定しなければならない。 $\log PC_x$  または  $\log IC_x$  の計算に用いる同一アッセイプレート上のデータポイントに関する 3 連ウェルの生データ（すなわち、発光強度データ）の %CV は、20% 未満でなければならない。どちらともとれるかまたは不確定な結果が考えられる場合は、追加のランまたはチェックを検討するとよい。

65. 許容基準に適合することはアッセイ系が正しく作動していることを意味するが、特定のランで正確なデータが得られることを保証するものではない。初回のランでの結果が再現されることが、正確なデータが得られていることの最良の保証となる。

## 参考文献

1. Escande, A., et al. (2006), Evaluation of ligand selectivity using reporter cell lines stably expressing estrogen receptor alpha or beta, *Biochem. Pharmacol.*, 71, 1459-1469.
2. Kuiper, G.G., et al. (1998), Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor beta. *Endocrinology*, 139, 4252-4263.
3. Tarnow, P., Tralau, T., Hunecke, D., Luch, A. (2013), Effects of triclocarban on the transcription of estrogen, androgen and aryl hydrocarbon receptor responsive genes in human breast cancer cells. *Toxicology In Vitro*. 27, 1467-1475.
4. Satoh, K., Nonaka, R., Ohyama, K., Nagai, F. (2005), Androgenic and antiandrogenic effects of alkylphenols and parabens assessed using the reporter gene assay with stably transfected CHO-K1 cells (AR-EcoScreen). *Journal of Health Science*, 51(5), 557–568.
5. Wilson V. S., Bobseine K., Lambright C. R. and Gray Jr. L. E., (2002), A Novel Cell Line, MDA-kb2, That Stably Expresses an Androgen- and Glucocorticoid-Responsive Reporter for the Detection of Hormone Receptor Agonists and Antagonists. *Toxicological Sciences*. 66 (1): 69-81.
6. OECD (2016), Validation report of Androgen Receptor (AR) Mediated Stably Transfected Transactivation (AR STTA) Assay to Detect Androgenic and Anti-androgenic Activities, Environment, Health and Safety Publications, Series on Testing and Assessment (No.241), Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.
7. Araki N, Ohno K, Nakai M, Takeyoshi M, Iida M. (2005) Screening for androgen receptor activities in 253 industrial chemicals by *in vitro* reporter gene assays using AR-EcoScreen cells. *Toxicology In Vitro*. 19(6):831-842.
8. Araki N, Ohno K, Takeyoshi M, Iida M. (2005) Evaluation of a rapid *in vitro* androgen receptor transcriptional activation assay using AR-EcoScreen cells. *Toxicology In Vitro*. 19(3):335-352.
9. Zwart, N, Andringa, D, de Leeuw, W-J, Kojima, H, Iida, M, Houtman, C J, de Boer, J, Kool, J, Lamoree, M H, Hamers, T. (2017). Improved androgen specificity of AR-EcoScreen by CRISPR based glucocorticoid receptor knockout. *Toxicology in Vitro*. 45, 1–9.
10. Spaepen, M., Angulo, A.F., Marynen, P. and Cassiman, J.J. (1992), Detection of bacterial and mycoplasma contamination in cell cultures by polymerase chain reaction. *FEMS Microbiol Lett*. 78(1), 89-94.
11. Kobayashi, H., Yamamoto, K., Eguchi, M., Kubo, M., Nakagami, S., Wakisaka, S., Kaizuka, M. and Ishii H (1995), Rapid detection of mycoplasma contamination in cell cultures by enzymatic detection of polymerase chain reaction (PCR) products. *J. Vet. Med. Sci*. 57(4), 769-771.
12. Dussurget, O. and Roulland-Dussoix D. (1994), Rapid, sensitive PCR-based detection of mycoplasmas in simulated samples of animal sera. *Appl. Environ. Microbiol*. 60(3), 953-959.
13. De Lean A., Munson P.J. and Rodbard D. (1978). Simultaneous Analysis of Families of Sigmoidal Curves: Application to Bioassay, Radioligand Assay, and Physiological Dose-Response Curves. *American Journal of Physiology*, 235, E97-102.

## 付録 C.1

## 偽陽性：AR 非介在性の発光シグナルの評価

1. 偽陽性は、AR 非介在性のルシフェラーゼ遺伝子の活性化、この遺伝子産物の直接的な活性化、または無関係の発光によりもたらされる。このような作用が起きたことは、不完全または異常な用量反応曲線によって示される。このような作用が疑われる場合は、AR アンタゴニスト（無毒性濃度のヒドロキシフルタミド（HF）等）が応答に及ぼす影響を検査する必要がある。
2. 本アプローチの妥当性を確保するためには、次のアゴニスト作用を同一のプレート上で試験する必要がある。
  - 1  $\mu$ M HF の存在下、非存在下における化学物質のアゴニスト作用（3 回反復）
  - VC（3 回反復）
  - $\mu$ M HF（3 回反復）（訳者注：1  $\mu$ M HF と思われる）
  - PC<sub>AGO</sub> として 500 pM DHT（3 回反復）

## データ判定基準

3. 注：すべてのウェルを、同一濃度の溶媒で処理しなければならない。
  - 化学物質のアゴニスト作用が、HF を用いた処理の影響を受けない場合は、当該化学物質を「陰性」に分類する。
  - 化学物質のアゴニスト作用が阻害される場合は、判定基準を適用する（表 C.4a）。
  - 1  $\mu$ M HF（AR アンタゴニスト）処理により、いずれかの濃度におけるアゴニスト作用が抑制された場合、AR アンタゴニスト非処理ウェルと AR アンタゴニスト処理ウェルの応答の差を算出する。この差を真の応答とみなして、しかるべきパラメータの算出に用い、分類の判定を可能にする。

$$\text{真の応答} = (\text{HF 無しの応答}) - (\text{HF 有りの応答})$$

## データの解析

4. 性能標準を確認する。
5. 同一条件下で処理した複数のウェル間の CV を確認する。
  - a VC の平均値を計算する
  - b HF で処理していない各ウェルの値から VC の平均値を引く
  - c HF の平均値を計算する
  - d HF で処理した各ウェルの値から VC の平均値を引く
  - e PC<sub>AGO</sub> の平均値を計算する
  - f その他のすべてのウェルの、PC<sub>AGO</sub> に対する相対的転写活性を計算する



## 補遺 D.（試験法 2）：安定に形質移入されたヒト AR-CALUX®細胞株を用いた、化学物質のアンドロゲンアゴニストおよびアンタゴニスト活性の検出を目的とした、アンドロゲン受容体の転写活性化試験 1

### 最初に考慮すべき事項および限界

1. 本試験法を使用する前に「はじめに」を読むこと（本文 6～9 頁）。
2. AR-CALUX®<sup>(\*)</sup>転写活性化試験では、ヒト骨肉腫 U2OS AR-CALUX®細胞株を使用して、ヒトアンドロゲン受容体（hAR）を介する（抗）アンドロゲン作用を検出する。AR-CALUX®細胞株は安定的に形質移入された hAR を発現し、他のステロイドホルモン受容体をほとんどまたは全く発現しない (1)。
3. 本試験法は、エンドポイントとして生物発光を測定することにより、AR が介在する転写活性化を特異的に検出できるよう設計されている。生物発光はシグナル対ノイズ比が高いため、様々なバイオアッセイの測定値によく使用されている (2)。特定の luc 形質転換細胞株では発光シグナルに対する化学物質依存性の干渉が報告されているが、CALUX 細胞株には認められなかった。
4. この細胞株の代謝活性は低い。S9 分画を試験法に併用することにより、代謝が被験物質の活性に及ぼす影響を検討することが可能となり (3)、現在検証が行われている (2020)。
5. この試験法は、ハイスループットスクリーニングを目的として用いられている (4)。この試験法は OECD ガイダンス文書 34 に従ったバリデーションを受けていない。
6. 理論上は、本試験法は多成分化学物質および混合物の試験に適用可能である。本試験法のバリデーション試験では、主に単一の被験物質を使用した。混合物または試験が困難な化学物質（例えば、不安定な物質）について試験を検討する場合、そうした試験の結果が科学的に意味のある結果をもたらすか否かについて事前に考慮する必要がある。
7. AR-CALUX®試験法のバリデーション試験で、意図した目的に対するアッセイの信頼性および妥当性が実証された (5)。試験法プロトコルは参考文献に記載されている (6)。
8. 本試験法に使用した用語の定義および略語の説明を本試験ガイドラインの補遺 A に示す。

<sup>1</sup> 注(\*)：「CALUX」は Abraham Brouwer が所有する登録商標である。BioDetection Systems BV (BDS) は、この商標を使用し、サブライセンスする世界的な独占権を取得している。



## 試験法の原理

9. この試験法は、レポーター遺伝子の転写活性化を評価するために用いられる。AR はリガンドに結合すると核に移行する。核内で受容体-リガンド複合体は特定の DNA 配列に結合し（アンドロゲン応答エレメント：ARE）、ホタルルシフェラーゼのレポーター遺伝子を転写活性化して、その結果ルシフェラーゼ酵素の細胞内発現量を増加させる。基質ルシフェリンの添加およびその後の触媒酸化により、光が放出される。発光は照度計を用いて、容易に検出、定量することができる。

10. 本試験系は安定的に形質移入された AR-CALUX®細胞を用いる。AR-CALUX®細胞はヒト骨芽細胞型骨肉腫 U2OS 細胞株に由来している。リン酸カルシウム共沈法を用いて、ヒト U2OS 細胞に 3xARE-TATA-Luc および pSG5-neo-hAR を安定的に形質移入した。U2OS 細胞株は内因性受容体活性がほとんどまたは全くないという所見に基づき、U2OS 細胞株をアンドロゲン（および他のステロイドホルモン）応答性レポーター細胞株の優れた候補として選択した。内因性受容体がないことをルシフェラーゼレポータープラスミドのみを用いて評価したところ、受容体リガンドを添加しても活性を示さなかった。さらに、コグネイト受容体を一過的に導入したところ、この細胞株は強力なホルモン介在性応答を立証した (1)。

11. AR-CALUX®細胞株を用いて行う化学物質の（抗）アンドロゲン活性の試験には、プレスクリーニングランおよびこれに続く包括的ラン／特異性対照試験が含まれる。プレスクリーニングランでは、被験物質の溶解度、細胞毒性のほか、包括的試験のための正確な濃度範囲を決定する。これに続くアゴニスト作用およびアンタゴニスト作用のための包括的ランでは、正確な濃度範囲とその後のデータ判定を用いて被験物質を評価する。アンタゴニスト作用については、被験物質の包括的ランおよび特異性対照試験を同時に評価する。

12. 特異性対照試験は、真の競合的アンタゴニストと、（細胞毒性、細胞ストレスまたは非特異的阻害等による）偽陽性アンタゴニストを区別するために行う。8 点の濃度の被験物質で処理する場合、細胞を、参照アゴニスト DHT の  $EC_{50}$  濃度および  $100 \times EC_{50}$  濃度の両方に曝露する。これを同一のプレートで行う。これは 2 つの用量反応をもたらす、このうちの高リガンド濃度 ( $100 \times EC_{50}$ ) で得られた用量反応は右にシフトする（図 D.6 参照）。このシフトを定量的に測定することができ、許容基準を求めた ( $R^2$ )。データ判定の基準を段落 70 に詳述する。簡単に言うと、連続した 2 つ以上の被験物質の濃度において、参照標準 DHT による最大応答の 10% ( $PC_{10}$ ) 以上の応答を示した場合、この被験物質をアゴニスト作用について陽性とみなす。連続した 2 つ以上の被験物質の濃度において、参照標準フルタミドの最大応答の 80% ( $PC_{80}$ ) 以下の応答を示し、特異性対照基準を満たす場合、この被験物質をアンタゴニスト作用について陽性とみなす。

## 試験実施施設習熟度の実証

13. 活性が未知の化学物質の試験に本試験法を用いる前に、各実験室は試験法の使用に関する習熟度を実証しなければならない。習熟度は、アゴニストおよびアンタゴニスト活性について習熟度確認化学物質（補遺 B の表 B.4a および B.4b 参照）を試験することにより実証される。この試験では試験系の応答性も確認する。試験は異なる日に少なくとも 2 回実施し、結果が表 B.4a および B.4b に記載されている分類および値と一致しなければならない。さらに、参照標準および溶媒／溶剤対照を用いて得られたデータの履歴データベースを保管し、試験法の再現性を各実験室において経時的に確認しなければならない。

## 手順

### 細胞株

14. 本試験法には、安定に形質移入した U2OS AR-CALUX®細胞株を使用する必要がある。この細胞株は、技術ライセンス契約を結んだ上で、オランダのアムステルダムにある BioDetection Systems BV から入手することができる。

15. マイコプラズマを含まない細胞培養のみを使用する。使用する細胞ロットは、マイコプラズマ汚染が陰性であることが保証されているものを使用するか、使用前にマイコプラズマ否定試験を実施すること。マイコプラズマ感染の検出には、PCR 法のような高感度の検査を用いなければならない (8, 9)。

### 細胞株の安定性

16. AR-CALUX®細胞は、安定性および完全性を維持するために-130°C 未満（液体窒素等）で保存すること。細胞は、新たな培養を開始するために解凍後、少なくとも 2 回継代培養してから化学物質の（抗）アンドロゲン作用の評価に使用する。細胞は 30 継代を超えて培養してはならない。

17. 細胞株の経時的な安定性をモニターするために、EC<sub>50</sub> または IC<sub>50</sub> を評価することにより、（アゴニストおよびアンタゴニスト試験の）参照化学物質に対する細胞株の応答性を検証する必要がある。また、陽性対照（PC）および陰性対照（NC）の相対誘導能をモニターすること。結果が、アゴニスト（表 D.3）またはアンタゴニスト AR-CALUX®試験法（表 D.4）の許容基準に一致しなければならない。参照標準（すなわち参照化学物質、陽性および陰性対照）を、アゴニストモードおよびアンタゴニストモードのそれぞれについて、使用する濃度を含めて表 D.1 および D.2 に示す。

### 細胞培養および播種条件

18. AR-CALUX®細胞は、pH 指示薬としてフェノールレッドを添加し、ウシ胎児血清（7.5%）、非必須アミノ酸（1%）、ペニシリン（10 単位/mL）、ストレプトマイシン（10 µg/mL）および選択マーカーとしてジェネティシン（G-418）（0.2 mg/mL）を添加した増殖培地（DMEM/F12（1:1））で培養する。加湿した 37°C ± 1°C の CO<sub>2</sub> インキュベーター（5% ± 1% CO<sub>2</sub>）に細胞を入れる。細胞密集度が 85 ~ 95%に達したら、細胞を継代培養するか、96 ウェルマイクロタイタープレートに播種する準備をする。後者の場合、フェノールレッドを含まない、チャコール・デキストラン処理ウシ胎児血清（5% v/v）、非必須アミノ酸（1% v/v）、ペニシリン（10 単位/mL）およびストレプトマイシン（10 µg/mL）を添加したアッセイ培地（DMEM/F12（1:1））中に細胞を 1 × 10<sup>5</sup> 細胞/mL で再懸濁し、96 ウェルマイクロタイタープレートに播種する（均質化した細胞懸濁液 100 µL）。細胞は、曝露前に CO<sub>2</sub> インキュベーター（5% ± 1% CO<sub>2</sub>、37°C ± 1°C、加湿）で 24 時間、前培養する。

19. 試験を開始する前に、試験中に使用するすべての材料（ガラス管、容器、プラスチック製器具）および試薬（血清、DMSO 等）について、プロトコル (6) の規定に従い、測定に干渉する可能性がないか調査すること。

### 許容基準

20. 被験物質のアゴニストおよびアンタゴニスト活性を、ラン（プレスクリーニングランおよび包括的ラン）で試験する。各ランは最大 6 枚のマイクロタイタープレートで構成される。各ランには、参照化学物質の一連の希釈液（C1~C8）、固定濃度の陽性対照、固定濃度の陰性対照、溶剤対照（およびアンタゴニストアッセイにおける溶媒対照）、および細胞毒性の陽性対照が含まれる。図 D.1 および

D.2に、アゴニストおよびアンタゴニストランのプレート設定を示す。

21. 各ランの最初のプレートで、

- 参照化学物質（アゴニスト作用における DHT およびアンタゴニスト作用におけるフルタミド）の一連の希釈液を測定する（表 D.5 および表 D.6）。この参照化学物質が、用量反応シグモイド曲線を示さなければならない。参照化学物質の一連の希釈液の応答から得られた EC<sub>50</sub> または IC<sub>50</sub>、参照化学物質の log (EC<sub>50</sub>) および log (IC<sub>50</sub>) の CV が、表 D.3（アゴニスト作用）または表 D.4（アンタゴニスト作用）に示す要件を満たさなければならない。
- 算出された陽性および陰性対照の相対誘導能が、表 D.3 および D.4 に示す要件を満たさなければならない。

22. 1 回のランの各マイクロタイタープレートについて、次の値を算出する：

- すべての測定において、参照化学物質の誘導係数を、最高濃度（C8）における当該化学物質の平均相対発光量（RLU）を溶剤対照の平均 RLU で割って求める。この誘導係数は、表 D.3 および D.4 に示す誘導倍率の最低要件を満たさなければならない。
- 各試験プレートについて、以下の式に従って Z 係数を算出する。この Z 係数は、表 D.3 および D.4 に示す Z 係数の最低要件を満たさなければならない。

$$Z \text{ 係数}_{\text{プレート no.}} = 1 - 3 \times \frac{(\text{SD RLU}_{\text{プレート no. [SC]}} + \text{SD RLU}_{\text{プレート no. [C8 参照]}})}{|\text{平均 RLU}_{\text{プレート no. [SC]}} - \text{平均 RLU}_{\text{プレート no. [C8 参照]}}|}$$

23. 1 回のランが表 D.3 および D.4 に記載される要件を満たす場合、このランを有効とみなし、被験物質の応答を評価することができる。

24. 許容基準は、プレスクリーニングランおよび包括的ランの両方に適用できる。

**表 D.1.アゴニスト試験における参照標準の濃度**

	化学物質	CAS 番号	ウェル内の試験濃度範囲 (M)
参照化学物質	DHT	521-18-6	1.0 x 10 <sup>-11</sup> - 1.0 x 10 <sup>-07</sup>
陽性対照 (PC)	17α-メチルテストステロン	58-18-4	1.0 x 10 <sup>-07</sup>
陰性対照 (NC)	コルチコステロン	50-22-6	1.0 x 10 <sup>-06</sup>

表 D.2.アンタゴニスト試験における参照標準の濃度

	化学物質	CAS 番号	ウェル内の試験濃度範囲 (M)
参照化学物質	フルタミド	13311-84-7	$1.0 \times 10^{-08}$ - $3.0 \times 10^{-05}$
陽性対照 (PC)	リニューロン	330-55-2	$1.0 \times 10^{-05}$
陰性対照 (NC)	レボノルゲストレル	797-63-7	$1.0 \times 10^{-06}$

表 D.3.アゴニスト作用に関するプレスクリーニングおよび包括的試験の許容基準

番号	許容基準	
1	参照化学物質 DHT がシグモイド曲線である	はい
2	参照化学物質 DHT の $EC_{50}$ 範囲	$1.0 \times 10^{-10}$ - $1.0 \times 10^{-09}$ M
3	参照化学物質 DHT の $\log (EC_{50})$ 推定値の CV	< 1.5%
4	PC 17 $\alpha$ -メチルテストステロンの相対誘導能 (%)	> 30%
5	NC コルチコステロンの相対誘導能 (%)	< 10%
6	各プレートの溶剤対照 (SC) に対する最高 DHT 濃度 (C8) の最低誘導倍率	> 20
7	DHT C8 および SC を用いて算出した各プレートの Z 係数	> 0.5

表 D.4. アнтаゴニスト作用に関するプレスクリーニングおよび包括的試験の許容基準

番号	許容基準	
1	参照化学物質フルタミドがシグモイド曲線である	はい
2	参照化学物質フルタミドの $IC_{50}$ 範囲	$1.0 \times 10^{-07} - 1.0 \times 10^{-06}$ M
3	参照化学物質フルタミドの $\log (IC_{50})$ 推定値の CV	< 3%
4	相対誘導能 PC (リニュロン)	< 60%
5	相対誘導能 NC (レボノルゲストレル)	> 85%
6	各プレートの溶剤対照 (SC) に対する最高フルタミド濃度 (C8) の最低阻害倍率	> 10
7	フルタミド C8 および SC を用いて算出した各プレートの Z 係数	> 0.5
8	フルタミドの $Y_c$ と $S_c^n$ の $R^2$	$\leq 0.7$

#### 溶剤／溶媒対照および参照標準

25. プレスクリーニングランおよび包括的ランのいずれについても、同じ溶剤／溶媒対照、参照標準（参照化学物質、陽性対照および陰性対照）を使用すること。また、参照標準の濃度は同一とする。

#### 溶剤対照および溶媒対照

26. 被験物質の溶解に用いる溶剤は、被験物質を完全に溶解し、アッセイ培地と混和しなければならない。DMSO、水およびエタノール（純度 95～100%）が溶剤として適している。DMSO（CASRN 67-68-5）が第一選択であり、培養中の最高濃度は 0.1%（v/v）を超えてはならない。別の溶剤を使用する前に、実験条件をシミュレートした曝露濃度において細胞毒性を引き起こさず、アッセイの性能を妨害しないことを実証する必要がある。

27. また、被験物質の溶解に用いる溶剤は、被験物質を溶解しない場合の試験も実施する（溶剤対照（SC））。

28. アゴニスト作用の試験において、SC には溶剤を加えたアッセイ培地を含む。アンタゴニスト作用の試験において、SC には溶剤および固定濃度のアゴニスト参照化学物質 DHT（ $EC_{50}$  濃度）を加えたアッセイ培地を含む。ただし、溶媒対照（VC）には溶剤を加えたアッセイ培地を含むが、固定濃度のアゴニスト参照化学物質を含まない。

#### 参照化学物質

29. アゴニスト参照化学物質は DHT であり、8 点の濃度の一連の希釈液からなる（表 D.1 および D.5）。

30. アンタゴニスト参照化学物質はフルタミドであり、8 点の濃度の一連の希釈液からなる（表 D.2 および D.6）。各濃度のアンタゴニスト参照化学物質に、固定濃度のアゴニスト参照化学物質 DHT（ $EC_{50}$  濃度 =  $3.0 \times 10^{-10}$  M）を添加して、アゴニスト応答の減衰を測定する。

31. 特異性対照のアンタゴニスト参照化学物質は、フルタミドの各濃度に 100X EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加したものである。これは、8 点の濃度の一連の希釈液からなる（表 D.2 および D.6）。

#### 陽性対照

32. アゴニスト試験の陽性対照は 17 $\alpha$ -メチルテストステロンである（表 D.1）。

33. アンタゴニスト試験の陽性対照はリニュロンである（表 D.2）。この対照には、固定濃度のアゴニスト参照化学物質 DHT ( $3.0 \times 10^{-10}$  M) を添加する。

#### 陰性対照

34. アゴニスト試験の陰性対照はコルチコステロンである（表 D.1）。

35. アンタゴニスト試験の陰性対照はレボノルゲストレルである（表 D.2）。この対照には、固定濃度のアゴニスト参照化学物質 DHT ( $3.0 \times 10^{-10}$  M) を添加する。

#### 参照標準および被験物質の調製

36. 参照標準（参照化学物質、陽性対照、陰性対照）および被験物質を 100% DMSO（または適切な溶剤）に溶解する。参照標準および被験物質について、同じ溶剤を用いて適切な（一連の）希釈液を調製する。すべての化学物質は、溶解前に室温に戻すこと。参照標準および被験物質のストック溶液を新たに調製した時、沈殿または混濁を認めてはならない。

37. 参照化学物質（DHT およびフルタミド）のストック溶液は、まとめて調製し、等分割して  $-20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  で最長 3 ヶ月間保存することができる。分割液を解凍したら、 $-20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  で保存し、最長 3 週間再使用（解凍／凍結）することができる。被験物質ストック溶液は実験ごとに新しく調製する。

38. 参照標準および被験物質の最終希釈液（すなわち作業用溶液）は、各実験用に新たに調製し、調製後 24 時間以内に使用すること。

#### 溶解度、細胞毒性および濃度範囲設定試験

39. 被験物質は、最高濃度 0.1 M（ストック溶液）で評価すること。多成分化学物質、高分子、混合物、UVCB 等、被験物質の分子量が算出できない場合には、50 mg/mL から開始する重量法を適用すること。

40. バリデーション試験で使用した溶解度プロトコルを参照文献に示す (10)。習熟度確認化学物質の試験等によって適切であることが示されている場合は、他のプロトコルを使用してもよい。選択した溶剤に対する被験物質の溶解度は、最高ストック溶液濃度 0.1 M から始めて決定する。この濃度で溶解性に問題がある場合は、被験物質が完全に溶解するまで濃度を下げてストック溶液を調製する。続いて、アッセイ培地中での曝露濃度（曝露濃度はストック溶液濃度の 0.1%、すなわち 0.1 mM）における被験物質の溶解度を評価しなければならない。

41. プレスクリーニングランでは、被験物質の 1:10 段階希釈液を試験する。プレスクリーニングランの結果から試験化学物質の適切で正確な濃度範囲を求め、これを包括的ランで試験する。包括的試験に使用する希釈係数（DF）は以下のとおりとする：陽性応答が認められた場合（アゴニスト作用では  $RI \geq 10\%$ 、アンタゴニスト作用では  $RI \leq 80\%$ ）、交互に DF 3/3.3 を適用する；試験を行った最高濃度のみ

が、10%閾値を超える（アゴニスト作用試験）または 80%閾値を下回る（アンタゴニスト作用試験）場合、DF 2 を適用する；応答が認められない場合、DF 5 を適用する（表 D.5 および D.6 参照）。

42. 細胞毒性の評価は、アゴニストおよびアンタゴニスト試験法プロトコルに含まれており、プレスクリーニングランおよび包括的ランの両方に組み込まれている。被験物質への曝露後、プレスクリーニングランでは乳酸脱水素酵素（LDH）漏出試験および定性的目視検査（すなわち、形態学的変化についての細胞の顕微鏡観察）の両方を用いて細胞毒性を評価する。LDH 漏出試験は細胞死（細胞溶解）のみを報告することから、目視検査は重要な評価ツールと考えられる。包括的ランについては、細胞毒性を採点するのに定性的目視検査で十分である。LDH 漏出試験においては、LDH 漏出率が細胞毒性の陽性対照（0.01%トリトン X-100）の 15%を超える場合、その被験物質濃度は細胞毒性があるとみなされる。習熟度確認化学物質の試験等によって適切であることが示されている場合は、他の細胞毒性試験を用いてもよい。

### 被験物質への曝露およびアッセイプレート構成

43. フラスコのコンフルエントな培養細胞をトリプシン処理した後、細胞を  $1 \times 10^5$  細胞/mL でアッセイ培地中に再懸濁する。再懸濁した細胞 100  $\mu$ L を 96 ウェルマイクロタイタープレートのウェル B1～G11 に播種する。残ったウェルに 200  $\mu$ L のリン酸緩衝生理食塩水（PBS）を充填する（図 D.1 および D.2 参照）。播種した細胞を、CO<sub>2</sub> インキュベーター（5%  $\pm$  1% CO<sub>2</sub>、37°C  $\pm$  1°C、加湿）で 24  $\pm$  8 時間、前培養する。

44. 前培養後、細胞の状態を目視で確認する（細胞毒性、汚染、細胞密集度（顕微鏡観察））。目視で細胞毒性や汚染がなく、すべてのウェルを代表する一部のウェルの細胞密集度が 85%以上であるプレートのみを試験に使用する。ウェル B1～G11 の細胞に、参照標準、被験物質、溶剤対照および細胞毒性対照の適切な一連の希釈液を加えたアッセイ培地 100  $\mu$ L を添加して曝露させる（表 D.5：アゴニスト試験、表 D.6：アンタゴニスト試験）。

45. すべての参照標準、被験物質および溶剤対照は 3 回ずつ試験し、細胞毒性対照のトリトン X-100 は 6 連のウェルで試験する。図 D.1 に、アゴニスト試験のプレート配置を示す。これは、プレスクリーニング試験および包括的試験と同じである。図 D.2 に、アンタゴニストプレスクリーニング試験のプレート配置を示す。溶媒対照ウェル（VC）を除くすべての曝露ウェルに、固定濃度のアゴニスト参照化学物質 DHT（ $3.0 \times 10^{-10}$  M（EC<sub>50</sub>））を含む。図 D.3 に、DHT の 100x EC<sub>50</sub> を用いた特異性対照試験を含む、アンタゴニスト包括的試験のプレート配置を示す。これは、プレート配置の C（1～8）100 にあたる。

46. 96 ウェルマイクロタイタープレートを CO<sub>2</sub> インキュベーター（5%  $\pm$  1% CO<sub>2</sub>、37°C  $\pm$  1°C、加湿）内でさらに 24  $\pm$  2 時間培養する。培養後、プレートを細胞毒性および汚染について目視で検査する。プレスクリーニング試験では、各ウェルから曝露培地 100  $\mu$ L を別のプレートに移し、細胞毒性試験で使用する（段落 42）。ウェル内の残りの 100  $\mu$ L の曝露培地を取り除き、ウェル内の細胞を溶解基質（段落 47）に曝露して発光を測定する。



図 D.1.アゴニストのプレスクリーニングと包括的試験、およびアゴニスト作用の評価のための 96 ウェルマイクロタイタープレートのプレート配置。

プレート 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B	Triton X-100	SC	C1 DHT	C2 DHT	C3 DHT	C4 DHT	C5 DHT	C6 DHT	C7 DHT	C8 DHT	PC	
C	Triton X-100	SC	C1 DHT	C2 DHT	C3 DHT	C4 DHT	C5 DHT	C6 DHT	C7 DHT	C8 DHT	PC	
D	Triton X-100	SC	C1 DHT	C2 DHT	C3 DHT	C4 DHT	C5 DHT	C6 DHT	C7 DHT	C8 DHT	PC	
E	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	NC	
F	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	NC	
G	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	NC	
H												

その他のプレート

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 DHT	
C	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 DHT	
D	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 DHT	
E	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 DHT	
F	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 DHT	
G	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 DHT	
H												

C(1-8) DHT = 参照化学物質 DHT の一連の希釈液 (1~8、低~高濃度)

C(1-8) = 被験物質の一連の希釈液 (1~8、低~高濃度)

SC = 被験物質の溶剤対照/参照標準 (C (1-8) と同じ溶剤)

PC = 陽性対照 (17 $\alpha$ -メチルテストステロン)

NC = 陰性対照 (コルチコステロン)

グレーのセル: = 200  $\mu$ L の PBS を満たした外側のウェル

トリトン X-100 = 細胞毒性の陽性対照

図 D.2.アンタゴニストのプレスクリーニング試験およびアンタゴニスト作用の評価のための 96 ウェルマイクロタイタープレートのプレート配置。

プレート 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B	Triton X-100	SC	C1 FLU	C2 FLU	C3 FLU	C4 FLU	C5 FLU	C6 FLU	C7 FLU	C8 FLU	VC	
C	Triton X-100	SC	C1 FLU	C2 FLU	C3 FLU	C4 FLU	C5 FLU	C6 FLU	C7 FLU	C8 FLU	VC	
D	Triton X-100	SC	C1 FLU	C2 FLU	C3 FLU	C4 FLU	C5 FLU	C6 FLU	C7 FLU	C8 FLU	VC	
E	Triton X-100	NC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	PC	
F	Triton X-100	NC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	PC	
G	Triton X-100	NC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	PC	
H												

その他のプレート

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 FLU	
C	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 FLU	
D	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 FLU	
E	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 FLU	
F	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 FLU	
G	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 FLU	
H												

C(1-8) FLU = (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 参照化学物質フルタミドの一連の希釈液 (1~8、低~高濃度)

C(1-8) = (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 被験物質の一連の希釈液 (1~8、低~高濃度)

NC = (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 陰性対照レボノルゲストレル

PC = (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 陽性対照リニューロン

SC = 被験物質の溶剤対照/参照標準 (C (1-8) と同じ (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 溶剤)



VC = 溶媒対照（DHT を添加しない溶剤対照）  
 グレーのセル = 200  $\mu$ L の PBS を満たした外側のウェル  
 トリトン X-100 = 細胞毒性の陽性対照

図 D.3.特異性対照試験を含む、アンタゴニストの包括的試験およびアンタゴニスト作用の評価のための 96 ウェルマイクロタイタープレートのプレート配置。

プレート 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B	Triton X-100	SC	C1 FLU	C2 FLU	C3 FLU	C4 FLU	C5 FLU	C6 FLU	C7 FLU	C8 FLU	VC	
C	Triton X-100	SC	C1 FLU	C2 FLU	C3 FLU	C4 FLU	C5 FLU	C6 FLU	C7 FLU	C8 FLU	VC	
D	Triton X-100	SC	C1 FLU	C2 FLU	C3 FLU	C4 FLU	C5 FLU	C6 FLU	C7 FLU	C8 FLU	VC	
E	Triton X-100	NC	C1 FLU 100	C2 FLU 100	C3 FLU 100	C4 FLU 100	C5 FLU 100	C6 FLU 100	C7 FLU 100	C8 FLU 100	PC	
F	Triton X-100	NC	C1 FLU 100	C2 FLU 100	C3 FLU 100	C4 FLU 100	C5 FLU 100	C6 FLU 100	C7 FLU 100	C8 FLU 100	PC	
G	Triton X-100	NC	C1 FLU 100	C2 FLU 100	C3 FLU 100	C4 FLU 100	C5 FLU 100	C6 FLU 100	C7 FLU 100	C8 FLU 100	PC	
H												

その他のプレート

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 FLU	
C	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 FLU	
D	Triton X-100	SC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8 FLU	
E	Triton X-100	SC	C1 100	C2 100	C3 100	C4 100	C5 100	C6 100	C7 100	C8 100	C8 FLU	
F	Triton X-100	SC	C1 100	C2 100	C3 100	C4 100	C5 100	C6 100	C7 100	C8 100	C8 FLU	
G	Triton X-100	SC	C1 100	C2 100	C3 100	C4 100	C5 100	C6 100	C7 100	C8 100	C8 FLU	
H												

C(1-8) FLU = (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 参照化学物質フルタミドの一連の希釈液 (1~8、低~高濃度)

C(1-8) FLU 100 = (100x EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 参照化学物質フルタミドの一連の希釈液 (1~8、低~高濃度)

NC = (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 陰性対照レボノルゲストレル

PC = (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 陽性対照リニユロン

SC = (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 被験物質の溶剤対照/参照標準 (C (1-8) と同じ溶剤) VC  
 = 溶媒対照 (DHT を添加しない溶剤対照)

C(1-8) = (EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 被験物質の一連の希釈液 (1~8、低~高濃度)

C(1-8) 100 = (100x EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加した) 被験物質の一連の希釈液 (1~8、低~高濃度) (特異性試験)

グレーのセル = 200  $\mu$ L の PBS を満たした外側のウェル

トリトン X-100 = 細胞毒性の陽性対照

## 発光の測定

47. 発光の測定にはいくつかの選択肢がある。AR-CALUX®試験法のバリデーションで用いた方法には、市販キットの使用（フラッシュまたはグロー発光キットのいずれか）または実験室で調製した発光基質のいずれかを含む。いずれの場合においても、24  $\pm$  2 時間の培養後、ウェルから培地を取り除き、細胞を溶解させてルシフェラーゼ活性を測定する。

48. 発光を測定するには、照度計が必要である。透明プレートを使用する場合、照度計に 2 個のインジェクターが必要である。ルシフェラーゼの反応を、基質ルシフェリンを注入することにより開始する。適切な溶剤（照度計に応じて 0.2 M NaOH または 25% v/v 酢酸等）を加えて反応を停止させ、1つのウェルから別のウェルへの蛍光のキャリーオーバーを防ぐ。市販キットを使用する場合は、キットに添付されている指示に従わなければならない。白色プレートには、使用するキットに応じてインジェクター無しまたは 1つのインジェクターを備えた照度計を使用することができる。

49. 各ウェルから放出される光は、ウェルあたりの相対発光量（RLU）として表される。

### **アゴニスト（アンタゴニスト）試験のプレスクリーニングラン**

50. プレスクリーニング分析の結果を、包括的試験のための被験物質の正確な濃度範囲の決定に用いる。プレスクリーニング分析結果の評価および包括的試験のための被験物質の正確な濃度範囲の決定については、アゴニストおよびアンタゴニスト試験法プロトコルに詳述する (6)。ここでは、アゴニストおよびアンタゴニスト試験のための被験物質の濃度範囲を決定する手順の概要を示す。一連の希釈液デザインガイダンスについては、表 D.5 および D.6 を参照のこと。

51. プレスクリーニングランでは、表 D.5（アゴニスト作用）および表 D.6（アンタゴニスト作用）に示す一連の希釈液を用いて、被験物質を試験しなければならない。すべての濃度を、図 D.1（アゴニスト作用）または図 D.2（アンタゴニスト作用）に示すプレート配置に従って3連のウェルで試験する。

52. プレスクリーニング中に認めた応答が陽性か陰性かに関わらず、プレスクリーニングランの後には必ず包括的ランを実施する。表 D.7 の判定基準に従って結論を導き出すには、1 回の包括的ランで十分である。

### **アゴニスト（アンタゴニスト）作用評価のための濃度選択**

53. 許容基準（表 D.3 および D.4）を満たす結果のみを有効とみなし、被験物質に対する応答の評価に用いる。1 回のランにおいて1枚以上のマイクロタイタープレートが許容基準を満たさなかった場合、それぞれのマイクロタイタープレートを再試験する。参照化学物質の一連の希釈液全体を含む最初のプレートが許容基準を満たさない場合、ラン全体（6 プレート）を再試験しなければならない。

54. 最大誘導（アゴニスト作用）または阻害（アンタゴニスト作用）を認め、かつ細胞毒性を示さない（最低）濃度を決定する。包括的ランで試験する被験物質の最高濃度は、この選択した濃度の 3 倍、あるいはモル濃度が不明な化学物質の場合は最高曝露濃度 0.1 mM または 50 µg/mL とする。

55. 被験物質の正確な一連の希釈液を、上記で決定した最高濃度から開始し、表 D.5 および D.6 に示す希釈ステップを用いて調製する。

56. いかなるアゴニスト（アンタゴニスト）作用も誘発しない被験物質については、プレスクリーニングで特定した細胞毒性を示さない最高濃度から開始し、表 D.5 および D.6 に示す希釈ステップを用いて、包括的ランで試験しなければならない。

### **アゴニスト試験における包括的ラン**

57. 正確な濃度範囲を選択した後、表 D.5（アゴニスト作用）に示す一連の希釈液を用いて、被験物質を包括的に試験する。すべての濃度を、図 D.1（アゴニスト作用）に示すプレート配置に従って 3 連のウェルで試験する（段落 45 参照）。

58. 許容基準（表 D.3）を満たす結果のみを有効とみなし、被験物質に対する応答の評価に用いる。1 回のランにおいて 1 枚以上のマイクロタイタープレートが許容基準を満たさなかった場合、それぞれのマイクロタイタープレートで試験した化学物質についてランを再度行い、再試験する。参照化学物質の一連の希釈液全体を含む最初のプレートが許容基準を満たさない場合、ラン全体（6 プレート）を再試験しなければならない。

### **アンタゴニスト試験における包括的ランおよび特異性対照試験**

59. 正確な濃度範囲を選択した後、表 D.6（アンタゴニスト作用）に示す一連の希釈液を用いて、被験物質を包括的試験および特異性対照試験で同時に（同じプレート上で）試験する（段落 45 参照）。す

すべての濃度を、図 D.3（アンタゴニスト作用）に示すプレート配置に従って 3 連のウェルで試験する。

60. 許容基準（表 D.4）を満たす結果のみを有効とみなし、被験物質の応答の評価に用いる。一連の分析において 1 枚以上のマイクロタイタープレートが許容基準を満たさなかった場合、それぞれのマイクロタイタープレートを再試験する。参照化学物質の一連の希釈液全体を含む最初のプレートが許容基準を満たさない場合、ラン全体（6 プレート）を再試験しなければならない。

表 D.5. アゴニスト試験に使用する参照標準および被験物質の濃度および希釈

ウェル内の参照 DHT 濃度 (M)		ウェル内の対照濃 度 (M)		被験物質	プレスクリ ーニングラ ン DF 10	包括的ラン		
						DF 5	DF 3/ 3.33	DF 2
C1	$1.0 \times 10^{-11}$	PC	$1.0 \times 10^{-07}$	C1	10,000,000 x	78125 x	3,000 x	128 x
C2	$3.0 \times 10^{-11}$	NC	$1.0 \times 10^{-06}$	C2	1,000,000 x	15625 x	1,000 x	64 x
C3	$1.0 \times 10^{-10}$	SC	0	C3	100,000 x	3125 x	300 x	32 x
C4	$3.0 \times 10^{-10}$			C4	10,000 x	625 x	100 x	16 x
C5	$1.0 \times 10^{-09}$			C5	1,000 x	125 x	30 x	8 x
C6	$3.0 \times 10^{-09}$			C6	100 x	25 x	10 x	4 x
C7	$1.0 \times 10^{-08}$			C7	10 x	5 x	3 x	2 x
C8	$1.0 \times 10^{-07}$			C8	1 x	1 x	1 x	1 x

PC - 陽性対照（17 $\alpha$ -メチルテストステロン）

NC - 陰性対照（コルチコステロン）

SC - 被験物質溶剤対照

表 D.6. アンタゴニスト試験に使用する参照標準および被験物質の濃度および希釈

ウェル内の参照フルタミド濃度 (M)		ウェル内の対照濃度 (M)		被験物質	プレスクリーニングラン DF 10	包括的ラン		
						DF 5	DF 3/3.33	DF 2
C1	$1.0 \times 10^{-08}$	PC	$1.0 \times 10^{-05}$	C1	10,000,000 x	78125 x	3,000 x	128 x
C2	$3.0 \times 10^{-08}$	NC	$1.0 \times 10^{-06}$	C2	1,000,000 x	15625 x	1,000 x	64 x
C3	$1.0 \times 10^{-07}$	SC	0	C3	100,000 x	3125 x	300 x	32 x
C4	$3.0 \times 10^{-07}$	VC	0	C4	10,000 x	625 x	100 x	16 x
C5	$1.0 \times 10^{-06}$			C5	1,000 x	125 x	30 x	8 x
C6	$3.0 \times 10^{-06}$			C6	100 x	25 x	10 x	4 x
C7	$1.0 \times 10^{-05}$			C7	10 x	5 x	3 x	2 x
C8	$3.0 \times 10^{-05}$	ウェル内の添加アゴニスト濃度 (M)		C8	1 x	1 x	1 x	1 x
		DHT $3.0 \times 10^{-10}$ (=EC <sub>50</sub> )						
		ウェル内の特異性対照添加アゴニスト濃度 (M)						
		DHT $3.0 \times 10^{-8}$ (=100x EC <sub>50</sub> )						

PC - 陽性対照 (リニュロン)  
 NC - 陰性対照 (レボノルゲストレル)  
 SC - 溶剤対照  
 VC - 溶媒対照 (固定濃度のアゴニスト参照化学物質を含まない)

## データの分析

### データの正規化

61. 照度計の生データは RLU として表される。表 D.3 および D.4 に示すように、許容基準が満たされた場合、必要なパラメータを決定するために以下の計算ステップを実施する。生データを、プレスクリーニングまたは包括的ラン用に作成されたデータ分析表計算シートに入力する。

アゴニストアッセイについて：

62. 各被験物質および参照化学物質 DHT について以下を計算する

- 濃度  $c$ 、技術的反復  $i$  における相対誘導能 ( $Y_{ic}$ ) :

$$Y_{ic} = \frac{\text{被験物質の RLU (反復 } i) - \text{SC の平均 RLU}}{\text{DHT}_{C8} \text{ の平均 RLU} - \text{SC の平均 RLU}} \times 100, i = 1, 2, 3$$

- 3 回の技術的反復における相対誘導能の平均 ( $Y_c$ )

$$Y_c = \text{平均 } Y_{ic}$$

アンタゴニストアッセイについて：

63. 各被験物質および参照化学物質の FLU について以下を計算する。

- 濃度  $c$ 、技術的反復  $i$  における相対誘導能 ( $Y_{ic}$ ) :

$$Y_{ic} = \frac{\text{被験物質の RLU (反復 } i) - \text{FLU}_{C8} \text{ の平均 RLU}}{\text{SC の平均 RLU} - \text{FLU}_{C8} \text{ の平均 RLU}} \times 100, i = 1, 2, 3$$

- 3 回の技術的反復における相対誘導能の平均 ( $Y_c$ )

$$Y_c = \text{平均 } Y_{ic}$$

注：アンタゴニストアッセイにおける SC は、EC<sub>50</sub> 濃度の DHT を添加したアッセイ培地である

#### 特異性対照試験について

- 濃度  $c$ 、反復  $i$  における被験物質の特異性対照  $S_{ic}$  を算出するために、上記のアンタゴニストアッセイと同じ公式を適用するが、被験物質の RLU（反復  $i$ ）は、特異性対照試験（100x EC<sub>50</sub> DHT を添加）で得たものとする。
- また、被験物質の特異性対照（ $S_c$ ）の C1 濃度を 100% として、被験物質の正規化した特異性対照（ $S_c^n$ ）を算出する。すなわち、

$$S_c^n = 100 \times \frac{S_c}{S_{c_1}}, \quad c = c_1, \dots, c_8$$

#### 細胞毒性

64. プレスクリーニング分析で評価したすべての被験物質濃度について、以下の式に従って、細胞毒性の陽性対照 0.01% トリトン X-100（パーセンテージを 100% に設定）に対する LDH 漏出率を算出する：

$$\% \text{LDH 漏出率} = \frac{\text{被験物質の平均 AU} - \text{SC の平均 AU}}{\text{陽性対照の平均 AU} - \text{SC の平均 AU}} \times 100$$

注：AU = 吸光度単位

65. さらに、被験物質への曝露後に細胞の定性的目視検査を実施しなければならない。以下の場合、被験物質は所定の濃度で細胞毒性があると判断する。

- 3 回反復試料の LDH 漏出率の平均パーセンテージが陽性対照の 15% を超えている
- または、顕微鏡で細胞毒性を認める

#### パラメータの算出

66. データの正規化後、次式を用いて、 $Y_{ic}$  データに非線形回帰（可変勾配、4 パラメータ）を適用する：

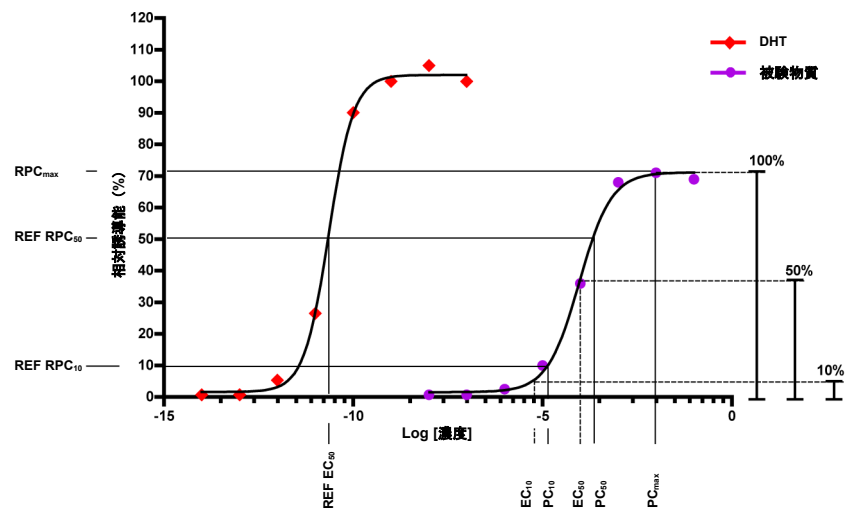
$$y = \text{Bottom} + \frac{(\text{Top} - \text{Bottom})}{(1 + 10^{((\text{LogEC}_{50} - x) * \text{ヒル勾配}))}}$$

$x =$	用量または濃度の対数
$y =$	応答（相対誘導能（%））
Top =	最大誘導能（%）
Bottom =	最小誘導能（%）
LogEC <sub>50</sub> =	最大応答の 50% が観測される濃度の対数
ヒル勾配 =	ヒル勾配の勾配係数

67. アゴニスト試験では、参照化学物質の EC<sub>10</sub> および EC<sub>50</sub> を決定し、被験物質の EC<sub>10</sub>、EC<sub>50</sub>、PC<sub>10</sub> および PC<sub>50</sub> を決定する。アンタゴニスト試験では、参照化学物質の IC<sub>50</sub> および IC<sub>20</sub> を決定し、被験物質の IC<sub>20</sub>、IC<sub>50</sub>、PC<sub>80</sub> および PC<sub>50</sub> を決定する。被験物質の強さをさらに明らかにするために、作用の程度（アゴニスト作用：RPC<sub>max</sub>；アンタゴニスト作用：RPC<sub>min</sub>）および作用発現濃度（アゴニスト作

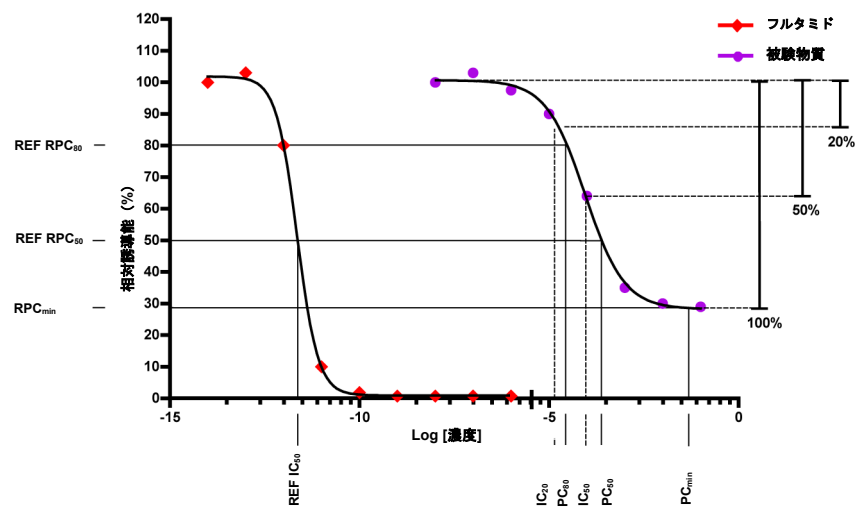
用： $PC_{max}$ ；アンタゴニスト作用： $PC_{min}$ ）を報告する。図D.4（アゴニスト作用）および図D.5（アンタゴニスト作用）に、ここに挙げたパラメータを図示する。

図 D.4.アゴニストアッセイで決定した被験物質のパラメータの概要



- $EC_{10}$  = 被験物質の最大応答の 10%が観測される濃度  
 $EC_{50}$  = 被験物質の最大応答の 50%が観測される濃度  
 $PC_{10}$  = 参照化学物質の  $EC_{10}$  と等しい応答が得られる被験物質の濃度 ( $REF\ RPC_{10}$ )  
 $PC_{50}$  = 参照化学物質の  $EC_{50}$  と等しい応答が得られる被験物質の濃度 ( $REF\ RPC_{50}$ )  
 $PC_{max}$  = 応答が最大となる被験物質の濃度 ( $RPC_{max}$  に相当)  
 $REF\ EC_{50}$  = 参照化学物質 DHT の最大応答の 50%が観察される濃度

図 D.5.アンタゴニストアッセイで決定した被験物質のパラメータの概要。

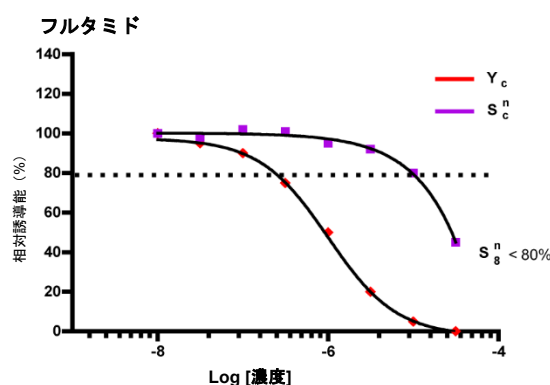


- $IC_{20}$  = 被験物質の最大応答の 80% が観測される濃度 (20% 阻害)  
 $IC_{50}$  = 被験物質の最大応答の 50% が観測される濃度 (50% 阻害)  
 $PC_{80}$  = 参照化学物質の  $IC_{20}$  と等しい応答 (REF  $RPC_{80}$ ) が得られる被験物質の濃度  
 $PC_{50}$  = 参照化学物質の  $IC_{50}$  と等しい応答 (REF  $RPC_{50}$ ) が得られる被験物質の濃度  
 $PC_{min}$  = 応答が最小 ( $RPC_{min}$  に相当) となる被験物質の濃度  
 $REF\ IC_{50}$  = 参照化学物質の最大応答の 50% となる濃度

68. 被験物質については、細胞毒性や溶解度の問題から、必ずしも完全な用量反応曲線が得られるとは限らない。このような場合、アゴニスト試験における  $EC_{50}$  および  $EC_{10}$ 、およびアンタゴニスト試験における  $IC_{50}$  および  $IC_{20}$  を決定することができない。従って可能であれば、 $PC_{10}$ 、 $PC_{50}$ 、 $PC_{max}$ （アゴニスト）および  $PC_{80}$ 、 $PC_{50}$ 、 $PC_{min}$ （アンタゴニスト）の決定で十分である。これらの値は、最も近い2つのデータポイント間の線形補間等から導き出すことができる。

69. データ判定基準（表 D.7）に示すとおり、アンタゴニスト応答の特異性（すなわち、真の競合的アンタゴニストであること）を判定する。特異性対照の結果を判定する場合は、2つの用量反応曲線（ $Y_c$  と  $S_c^n$ ）を見て、アンタゴニスト試験の第1の陽性基準があてはまるかどうかを検証しなければならない（表 D.7 参照：全濃度で  $S_c^n > 80\%$ ）。あるいは、標準応答の相対誘導能（ $Y_c$ ）と被験物質の正規化特異性応答の相対誘導能（ $S_c^n$ ）との間の相関係数の二乗（ $R^2$ ）を計算する。このアンタゴニスト試験の第2の陽性基準を検証すること（表 D.7 参照： $R^2 \leq 0.9$ ）。（AR-CALUX®バリデーション試験(5)）に示されているように）この基準は100%確実とは言えないため、注意が必要である。曲線の形状や外れ値の影響を受ける可能性がある。専門家の判断が必要な場合がある。

**図 D.6. 真の競合的アンタゴニスト（ $R^2 \leq 0.9$ ）の、標準応答の相対誘導能（ $Y_c$ ）および正規化特異性応答の相対誘導能（ $S_c^n$ ）**



## データ判定基準

70. データの判定および被験物質が陽性であるか陰性であるかの判断には、表 D.7 の基準を使用する。結論を導き出すには、1回の包括的ランで十分である。



表 D.7.判定基準

アゴニスト作用	
陽性	被験物質の相対誘導能 ( $Y_c$ ) が 2 つ以上の連続した濃度で 10% (REF RPC <sub>10</sub> ) 以上である場合。
陰性	それ以外のすべての場合
アンタゴニスト作用	
陽性	<p>被験物質の相対誘導能 (<math>Y_c</math>) が 2 つ以上の連続した濃度で 80% (REF RPC<sub>80</sub>) 以下である場合、かつ以下のいずれかの場合。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全濃度において、被験物質の正規化特異性対照の相対誘導能 <math>S_c^n</math> が 80%を超える</li> </ul> <p>または、以下の 2 つの条件を満たす場合：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>最高濃度において、被験物質の正規化特異性対照の相対誘導能 <math>S_{c_8}^n</math> が 80%以下である</li> <li>被験物質の正規化特異性対照の相対誘導能 (<math>S_c^n</math>) と相対誘導能 (<math>Y_c</math>) との間の相関係数の二乗 (<math>R^2</math>) が 0.9 以下である</li> </ul>
陰性	それ以外のすべての場合

71. 表 D.7 に示す基準は、細胞毒性を認めることなく得たデータに限って適用される。

72. 2 分類（表 D.7）に加えて、強さの測定値も統合的アプローチに用いることができる。

## 参考文献

1. Sonneveld, E., Jansen, H.J., Riteco, J.A., Brouwer, A, van der Burg B. (2004). Development of androgen- and estrogen-responsive bioassays, members of a panel of human cell line- based highly selective steroid-responsive bioassays. *Toxicol. Sci.* 83(1), 136-148.
2. Thorne, N., Inglese, J. and Auld, D.S. (2010). Illuminating Insights into Firefly Luciferase and Other Bioluminescent Reporters Used in Chemical Biolog. *Chemistry and Biology* 17(6), 646-57.
3. van Vugt-Lussenburg, B.M.A., van der Lee, R.B., Man, H.Y., Middelhof, I., Brouwer, A., Besselink, H., van der Burg, B. (2018) Incorporation of metabolic enzymes to improve predictivity of reporter gene assay results for estrogenic and anti-androgenic activity. *Reprod Toxicol* 75, 40-48
4. Van der Burg, B., Pieterse, B., Buist, H., Lewin, G., van der Linden, S.C., Man, H.Y., Rorije, E., Piersma, A.H., Mangelsdorf, I., Wolterbeek, A.P., Kroese, E.D., van Vugt-Lussemburg, B. (2015a). A high throughput screening system for predicting chemically-induced reproductive organ deformities. *Reprod. Toxicol.* 55, 95-103.
5. Validation Study Report on the Performance assessment of the AR-CALUX® *in vitro* method (2019). Available at (<https://tsar.jrc.ec.europa.eu/test-method/tm2010-07>)
6. Transactivation assay for the detection of compounds with (anti)androgenic potential using AR-CALUX® cells (2019). Available at (<https://tsar.jrc.ec.europa.eu/test-method/tm2010-07>)
7. Kleinstreuer, N.C., Ceger, P., Watt, E.D., Martin, M., Houck, K., Browne, P., Thomas, R.S., Casey, W.M., Dix, D.J., Allen, D., Sakamuru, S., Xia, M., Huang, R., Judson, R. (2017), Development and Validation of a Computational Model for Androgen Receptor Activity. *Chem Res Toxicol.*, 30(4):946-964
8. Kobayashi, H., Yamamoto, K., Eguchi, M., Kubo, M., Nakagami, S., Wakisaka, S., Kaizuka, M. and Ishii, H. (1995). Rapid detection of mycoplasma contamination in cell cultures by enzymatic detection of polymerase chain reaction (PCR) products. *J. Vet. Med. Sci.*, 57(4), 769-771.
9. Eldering, J.A., Felten, C., Veilleux, C.A. & Potts, B.J. Development of a PCR method for mycoplasma testing of Chinese hamster ovary cell cultures used in the manufacture of recombinant therapeutic proteins. *Biologicals* 32, 183-93 (2004).
10. Solubility Determination by Visual Inspection (2019). Available at (<https://tsar.jrc.ec.europa.eu/test-method/tm2010-07>)

## 補遺 E.（試験法 3）：安定に形質移入されたヒト 22Rv1/MMTV\_GR-KO 細胞株を用いた、化学物質のアンドロゲンアゴニストおよびアンタゴニスト活性の検出を目的とした、アンドロゲン受容体の転写活性化試験

### 最初に考慮すべき事項および限界

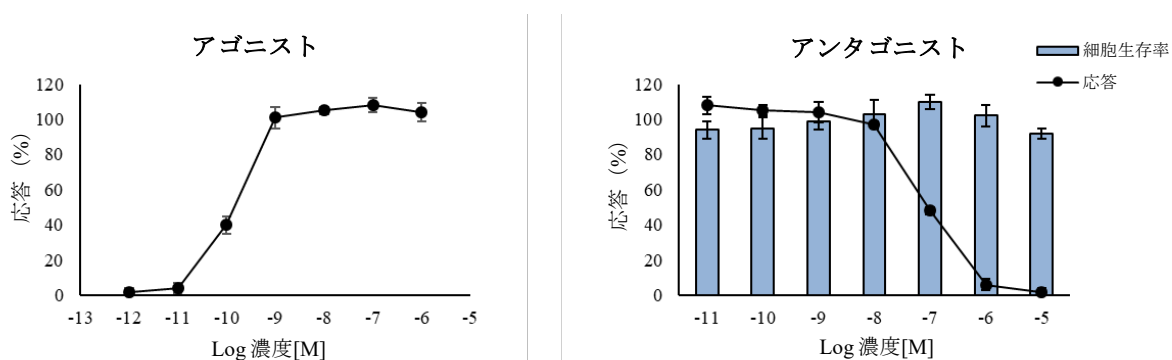
1. 本試験法を使用する前に「はじめに」を読むこと（本文 6～9 頁）。
2. 22Rv1/MMTV\_GR-KO を用いた AR 介在性の安定に形質移入された転写活性化（TA）試験は、AR を内因性に発現するヒト前立腺がん細胞株 22Rv1 を用いて、AR との相互作用を介した内分泌活性について化学物質をスクリーニングするために確立された (1, 2)。本試験法は、エンドポイントとしてルシフェラーゼ活性を測定することにより、ヒト AR を介した転写活性化および阻害を検出できるよう特別に設計されている。発光シグナルに対する化学物質依存性の干渉についての情報は、GR ノックアウト 22Rv1/MMTV 細胞株にはほぼない。
3. 構成的に作用する切断型 AR は 22Rv1/MMTV 細胞で発現するが、切断型 AR は活性に大きな影響を及ぼさない。溶剤対照レベル（ベースレベル）が高くなく、DHT 処理により用量に依存して誘導倍率が上昇し、他のレポーター遺伝子のアッセイと比較して上昇のレベルが非常に高いことが検証されている (2, 4)。さらに、完全長 AR は LNCaP 細胞と同程度に発現する (2)。
4. グルココルチコイド受容体（GR）は、22Rv1 起源細胞で AR と共に内因的に発現する。GR は AR に構造的に類似しており、AR とのクロストークを示すホルモン応答エレメントを共有しているため、GR を介したわずかな応答が AR を介した応答に干渉する可能性がある (1, 3, 5)。細胞内での GR の発現を除去するため、クラスター化反復短回文配列リピート（CRISPR）／CRISPR 関連（Cas）9 システムを用いて、GR ノックアウト 22Rv1/MMTV 細胞株が開発された (1, 2, 5)。
5. バリデーション試験において、GR ノックアウト 22Rv1/MMTV 細胞株は低い代謝活性を示した (6)。バリデーションは、単一成分化学物質のみを用いて実施された。この試験法は、理論的には混合物の試験に適用可能である。この試験法を混合物に適用する前に、科学的に意味のある結果が得られるかどうかを検討すること。
6. 本試験ガイドラインに使用した用語の定義および略語の説明を補遺 A に提示する。
7. 22Rv1/MMTV\_GR-KO アッセイは、OECD VMG-NA 専門家グループのメンバーで構成される試験管理チームの支援を受けて、韓国国立食品医薬品安全評価研究所（NIFDS）、韓国化学試験研究院（KTR）および東国大学が検証した。この試験法は、「内分泌かく乱物質の試験および評価に関する OECD の概念的枠組み」(6, 7, 8)におけるレベル 2 の AR アゴニストおよびアンタゴニストの検出に使用される。22Rv1/MMTV\_GR-KO 法のバリデーション試験は、OECD ガイダンス文書（GD）34 に従って

実施された。意図した目的に対するアッセイの妥当性および信頼性が実証された (9, 10)。

## 試験法の原理

8. この試験法で提供される試験系では、22Rv1 細胞株由来の 22Rv1/MMTV\_GR-KO 細胞株を用いる。22Rv1 細胞株はヒトレトロウイルス XMRV (異種指向性マウス白血病ウイルス関連ウイルス) を産生するため、22Rv1 細胞は ATCC によりバイオセーフティレベル 2 細胞株に分類されている (11)。22Rv1 細胞株を用いて実験を行う場合は、生物学的安全性を考慮しなければならない。開発した細胞株は、1 本の pGL4[luc2P/MMTV/Hygro]ベクターを用いて安定的に形質移入した 22Rv1 細胞で構成される。pGL4[luc2P/MMTV/Hygro]ベクタープロトコルは、プロメガ (Promega) 社との限定使用ライセンスを課されており、i) プロメガ社から購入した発光アッセイ用試薬の使用、または ii) 商業利用フリーライセンスを取得するためのプロメガ社への連絡、のいずれかが必要である。
9. 22Rv1/MMTV\_GR-KO 細胞株を用いた AR アゴニスト/アンタゴニストアッセイは段階的に実施しなければならない。プレスクリーニングランの実施後、包括的ランおよび特異性対照試験 (AR アンタゴニストアッセイのみ) を行う。包括的ランは、アゴニストまたはアンタゴニストアッセイのいずれかにおいてプレスクリーニングが陽性活性を示した場合にのみ実施する。包括的ランにおける被験物質の開始濃度は、プレスクリーニングランで決定する。化学物質が真の競合的 AR 結合アンタゴニストであるかどうかを確認するには、特異性対照試験を用いなければならない (段落 28 参照)。
10. AR アゴニスト作用のデータ判定は、被験物質により誘発される最大応答レベルに基づいている。この応答が、AR アゴニスト対照である 10 nM 5 $\alpha$ -DHT により誘発された応答 (PC<sub>AGO</sub>) の 10% 以上である場合、その被験物質を AR アゴニストとみなす。被験物質の AR アンタゴニスト作用に関するデータ判定は次の 2 段階で決定される: i) 800 pM DHT 存在下での被験物質の 30% 阻害応答のカットオフ値、および ii) 特異性対照試験の R<sup>2</sup> 値が 0.9 未満 (段落 40 および 43 参照)。両基準を満たす場合、その化学物質を真の AR アンタゴニストとみなす。データ解析については段落 37~41 に詳述する。アゴニストおよびアンタゴニスト参照化学物質 (DHT およびビカルタミド) の典型的な濃度反応曲線を図 E.1 に示す。

図 E.1. AR アゴニストおよびアンタゴニストアッセイにおいて、プレスクリーニングランで得られる典型的な陽性対照の応答



## 試験実施施設習熟度の実証

11. 22Rv1/MMTV GR-KO 法の習熟度を検証するために、各実験室は習熟度試験を実施しなければならない。アゴニストおよびアンタゴニストアッセイのための習熟度確認化学物質を、本試験ガイドライン補遺 B の表 B.4a および B.4b に示す。この習熟度試験は異なる日に少なくとも 2 回実施し、結果は補遺 B の表 B.4a および B.4b の習熟度確認化学物質の分類および値と一致しなければならない。

## 手順

### 細胞株

12. 22Rv1/MMTV GR-KO 細胞株は、22Rv1 ヒト前立腺がん細胞に由来する安定的に形質移入されたアンドロゲン応答性の細胞株であり、付着性で AR 陽性である。当該細胞株は、物質移動合意書 (MTA) に署名した上で Korean Collection for Type Cultures (KCTC)<sup>2</sup> から入手することができる。

13. この試験法では、マイコプラズマを含まない細胞を用いなければならない。マイコプラズマ感染の検出は、PCR 分析などの高感度の方法を用いて、あらゆる実験の開始前に行わなければならない (12)。

### 細胞株の安定性

14. 応答の安定性と完全性を維持するために、細胞は (ディープフリーザーや液体窒素等の中で) -80°C 未満で保持しなければならない。細胞は、解凍後少なくとも 2 回継代培養し、化学物質の (抗) アンドロゲン活性の評価に使用する。細胞は 30 継代を超えて培養してはならない。細胞倍加時間は 48 時間である。

### 細胞株の維持および播種条件

15. 以下の培地を調製する (詳細はバリデーション報告書 (10) の SOP に記載) :

- 培養培地 : RPMI1640 に FBS (10% v/v)、GlutaMAX<sup>TM</sup> (2 mM)、ペニシリン (100 単位/mL)、ストレプトマイシン (100 µg/mL) およびアムホテリシン B (0.25 µg/mL) を添加したもの。
- 試験培地 : フェノールレッドを含まない RPMI1640 にチャコール・デキストラン処理 (DCC) - FBS (5% v/v)、GlutaMAX<sup>TM</sup> (2 mM)、ペニシリン (100 単位/mL)、ストレプトマイシン (100 µg/mL) およびアムホテリシン B (0.25 µg/mL) を添加したもの。

16. 22Rv1/MMTV GR-KO 細胞株のメンテナンスプロトコルは、ATCC 22Rv1 メンテナンスプロトコルに基づいている (11)。細胞解凍後に初めて使用するために、ルシフェラーゼ遺伝子選択マーカーとしてハイグロマイシン 200 µg/mL を含む培地中で、22Rv1/MMTV GR-KO 細胞を維持する。22Rv1/MMTV GR-KO 細胞株の継代には、0.05%トリプシン-EDTA よりも 0.1%トリプシン-EDTA が望ましい。これは、濃度が高いほど細胞培養プレートからの細胞の分離が改善されるためである。アッセ

<sup>2</sup> 22 Rv 1/MMTV GR-KO 細胞株は、韓国最大規模の生物資源センターのひとつであり、生物資源の獲得・保存・分配を行う Korean Collection for Type Cultures (KCTC) から入手可能である。細胞株は KCTC (<https://kctc.kribb.re.kr/En/>) にて販売されている。

細胞株名 : 22Rv1/MMTV GR-KO cell line (KCTC No. HC30009)

イでは、細胞を  $3.0 \times 10^5$  細胞/mL で試験培地に懸濁させる。懸濁した細胞 100 $\mu$ L ( $3.0 \times 10^4$  細胞/ウェルに相当) を 96 ウェル白色プレートに分注する。曝露前に、細胞を  $5\% \pm 0.5\%$  CO<sub>2</sub> インキュベーター内で 37°C で 48 時間、前培養する。

17. 試験培地中の DCC-FBS は、他の血清成分の干渉を最小限に抑えるために使用する。

#### 溶媒対照、AR アゴニスト対照および AR アンタゴニスト対照

18. AR アゴニストアッセイでは、各プレートに、10 nM DHT で処理したアゴニスト対照 (PC<sub>AGO1</sub>) ウェル (n = 4)、0.1% DMSO のみを含む溶媒対照 (VC) ウェル (n = 4)、および細胞毒性対照 (PC<sub>CT</sub>; 1 mM SDS) ウェル (n = 4) を調製する。AR アゴニストアッセイで 100% の応答を得るために 10 nM DHT 濃度を選択する。

19. AR アンタゴニストアッセイでは、VC ウェル (n = 3)、アゴニスト対照 (PC<sub>AGO2</sub>; 800 pM DHT) ウェル (n = 3)、AR アンタゴニスト対照 (PC<sub>ANTA</sub>; 800 pM DHT および 1  $\mu$ M ビカルタミド) ウェル (n = 3)、および細胞毒性対照 (PC<sub>CT</sub>; 800 pM DHT および 1 mM SDS) ウェル (n = 3) を各プレートに含めなければならない。

#### 陽性および陰性の参照標準

20. 各アッセイの参照標準を、各ランの 1 枚のプレートに含めなければならない。AR アゴニストアッセイは、特性が十分に明らかにされている 3 種類の参照標準; 具体的には 2 種類の陽性参照標準 (DHT およびメスタノロン) および 1 種類の陰性参照標準 (フタル酸ジエチルヘキシル (DEHP)) からなる。AR アンタゴニストアッセイの参照標準は、2 種類の陽性参照標準 (ビカルタミドおよびビスフェノール A) および 1 種類の陰性参照標準 (DEHP) からなる。

#### AR アゴニスト/アンタゴニストアッセイの品質基準

21. PC (AR アゴニストアッセイ: 10 nM DHT (PC<sub>AGO1</sub>); AR アンタゴニストアッセイ: 800 pM DHT (PC<sub>AGO2</sub>)) の平均ルシフェラーゼ活性は、AR アゴニストアッセイでは各プレートの平均 VC の 13 倍以上、AR アンタゴニストアッセイでは平均 VC の 10 倍以上でなければならない。アッセイの品質管理に関しては、PC<sub>10</sub> の誘導倍率が、VC の誘導能の 1+2 標準偏差 (SD) を超えなければならない。ビカルタミドの用量反応曲線のない、1 濃度での PC<sub>ANTA</sub> (800 pM DHT および 1  $\mu$ M ビカルタミド) の相対的転写活性 (RTA) が、AR アンタゴニストアッセイにおける PC<sub>AGO2</sub> の 53.6% 未満でなければならない。

#### 許容基準

表 E.1. AR アゴニストアッセイの許容基準

化合物	Log PC <sub>10</sub>	Log PC <sub>50</sub>	試験範囲
5 $\alpha$ -ジヒドロテストステロン (DHT)	-12.2 ~ -9.7	-10.6 ~ -9.0	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-12}$ M
メスタノロン	-12.3 ~ -9.8	-10.2 ~ -8.6	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-12}$ M
フタル酸ジエチルヘキシル (DEHP)	—	—	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-11}$ M
PC <sub>AGO1</sub> の誘導倍率	$\geq 13$		



PC <sub>10</sub> の誘導倍率	1 + 2SD (VC の誘導能) を超える
------------------------	------------------------

PC<sub>10</sub> の誘導倍率 : AR アゴニスト対照 (PC<sub>AGO1</sub> : 10 nM DHT) の PC<sub>10</sub> (10%) に相当 SD : 標準偏差、VC : 溶媒対照

22. 以下の式により、PC<sub>AGO1</sub> の誘導倍率を算出する :

$$\text{PC}_{\text{AGO1}} \text{ の誘導倍率} = \frac{\text{PC}_{\text{AGO1}} \text{ (10 nM DHT) の平均 RLU}}{\text{溶媒対照の平均 RLU}}$$

▪ RLU : 相対発光量

表 E.2.AR アンタゴニストアッセイの許容基準

化合物	Log IC <sub>30</sub>	Log IC <sub>50</sub>	試験範囲
ビカルタミド	-7.5 ~ -6.2	-7.0 ~ -5.8	1.0 x 10 <sup>-4</sup> ~ 1.0 x 10 <sup>-10</sup> M
ビスフェノール A	-6.6 ~ -5.4	-6.2 ~ -5.0	1.0 x 10 <sup>-5</sup> ~ 1.0 x 10 <sup>-11</sup> M
DEHP	-	-	1.0 x 10 <sup>-5</sup> ~ 1.0 x 10 <sup>-11</sup> M
PC <sub>AGO2</sub> の誘導倍率	≥ 10		
PC <sub>ANTA</sub> の RTA (%)	≤ 53.6		

23. 以下の式により、PC<sub>AGO2</sub> の誘導倍率を算出する :

$$\text{PC}_{\text{AGO2}} \text{ の誘導倍率} = \frac{\text{PC}_{\text{AGO2}} \text{ (800 pM DHT) の平均 RLU}}{\text{溶媒対照の平均 RLU}}$$

$$\text{PC}_{\text{ANTA}} \text{ の RTA (\%)} = \frac{\text{PC}_{\text{ANTA}} \text{ の平均 RLU} - \text{VC の平均 RLU}}{\text{PC}_{\text{AGO2}} \text{ の平均 RLU} - \text{VC の平均 RLU}} \times 100$$

▪ RTA : 相対的転写活性

### 溶解度試験

24. 溶解度試験は OECD GIVIMP に基づく (13)。DMSO または適切な溶剤中で最高 1 M (ストック溶液 ; 細胞を含むウェル中に 0.1% ストック溶液すなわち 1 mM) の濃度の被験物質ストック溶液を調製する。析出が認められた場合は、元のストック溶液の 10 分の 1 の濃度の新たなストック溶液を再調製し、これを析出が認められなくなるまで繰り返す。

## 被験物質への曝露およびアッセイプレート構成

## AR アゴニストアッセイにおけるプレスクリーニングラン

25. 溶解度試験（上記参照）で決定した最高ストック溶液濃度の各被験物質を、DMSO（または別の適切な溶剤）で 1:10 の比で段階的に希釈する。DMSO の最終濃度が 0.1% となるように、希釈液を水性培地に加える。推奨される各ウェルの最終容量は 100  $\mu$ L である（アッセイプレートから試験培地を取り除き、被験物質を含む試験培地で置換する）。各濃度につき 3 連のウェルを使用する。AR アゴニストアッセイの参照標準（DHT、メスタノロンおよび DEHP）を各アッセイで試験すること。AR アゴニストアッセイでは、10 nM DHT で処理したウェル（PC<sub>AGO1</sub>）、0.1% DMSO のみで処理したウェル（VC）および 1 mM SDS で処理したウェル（PC<sub>CT</sub>）を各プレートに含めなければならない（表 E.3）。被験物質のプレートデザインの例を表 E.4 に示す。被験物質を添加後、アッセイプレートを 37°C  $\pm$  1°C、5%  $\pm$  0.5% CO<sub>2</sub> インキュベーター内に 20~24 時間静置する。

表 E.3. 参照化学物質のプレート濃度（M）割りあての例。

	DHT			メスタノロン			DEHP			被験物質		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1.0x10 <sup>-6</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-6</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-5</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-3</sup>	→	→
B	1.0x10 <sup>-7</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-7</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-6</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-4</sup>	→	→
C	1.0x10 <sup>-8</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-8</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-7</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-5</sup>	→	→
D	1.0x10 <sup>-9</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-9</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-8</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-6</sup>	→	→
E	1.0x10 <sup>-10</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-10</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-9</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-7</sup>	→	→
F	1.0x10 <sup>-11</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-11</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-10</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-8</sup>	→	→
G	1.0x10 <sup>-12</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-12</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-11</sup>	→	→	1.0x10 <sup>-9</sup>	→	→
H	VC	→	→	→	PC <sub>AGO1</sub>	→	→	→	PC <sub>CT</sub>	→	→	→

- VC：溶媒対照（0.1% DMSO）
- PC<sub>AGO1</sub>：AR アゴニスト対照（10 nM DHT）
- PC<sub>CT</sub>：細胞毒性対照（1 mM SDS）



表 E.4.被験物質のプレート濃度（M）割りあての例。

	被験物質 1			被験物質 2			被験物質 3			被験物質 4		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	$1.0 \times 10^{-3}$	→	→	$1.0 \times 10^{-3}$	→	→	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→
B	$1.0 \times 10^{-4}$	→	→	$1.0 \times 10^{-4}$	→	→	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→
C	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→
D	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→
E	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→	$1.0 \times 10^{-10}$	→	→
F	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→	$1.0 \times 10^{-10}$	→	→	$1.0 \times 10^{-11}$	→	→
G	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→	$1.0 \times 10^{-11}$	→	→	$1.0 \times 10^{-12}$	→	→
H	VC	→	→	→	PC <sub>AGO1</sub>	→	→	→	PC <sub>CT</sub>	→	→	→

- VC：溶媒対照（0.1% DMSO）
- PC<sub>AGO1</sub>：AR アゴニスト対照（10 nM DHT）
- PC<sub>CT</sub>：細胞毒性対照（1 mM SDS）

## AR アゴニストアッセイにおける包括的ラン

26. プレスクリーニングランで AR アゴニストであると判定された被験物質については、包括的ランでさらに試験しなければならない。プレスクリーニングランで作成した濃度反応曲線から被験物質の最高濃度を決定し、DMSO を用いて 1:3 または 1:5 の比で段階的に希釈する（付録 E.1 参照）。DMSO の最終濃度が 0.1% になるようにこれらの希釈液を水性培地に添加し、各濃度を 3 連で試験する。すべての試験は、濃度反応曲線の特性が十分に明らかになる濃度で実施すること。このような条件を達成するため、不溶性の固形物が認められる溶液や細胞株に対して細胞毒性作用を誘発することが判明した濃度を、最終的な分析に含めてはならない。推奨される各ウェルの最終容量は 100  $\mu$ L である（アッセイプレートから試験培地を取り除き、被験物質を含む試験培地で置換する）。包括的ランにおける参照標準および被験物質のプレート配置は、プレスクリーニングランと同じである。被験物質を添加後、アッセイプレートを  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $5\% \pm 0.5\%$  CO<sub>2</sub> インキュベーター内に 20～24 時間静置する。

## AR アンタゴニストアッセイにおけるプレスクリーニングラン

27. 溶解度試験（上記参照）で決定した最高ストック溶液濃度の各被験物質を、DMSO で 1:10 の比で段階的に希釈する。DMSO の最終濃度が 0.1% となるように、これらの希釈液を水性培地に加える。推奨される各ウェルの最終容量は 100  $\mu$ L である（アッセイプレートから試験培地を取り除き、被験物質を含む試験培地で置換する）。AR アンタゴニストアッセイの参照標準（ビカルタミド、ビスフェノール A および DEHP）を各アッセイで試験すること。AR アンタゴニストアッセイでは、AR アゴニスト対照（PC<sub>AGO2</sub>；800 pM DHT）、AR アンタゴニスト対照（PC<sub>ANTA</sub>；800 pM DHT および 1  $\mu$ M ビカルタミド）、および細胞毒性対照（PC<sub>CT</sub>；800 pM DHT および 1 mM SDS）を調製する（表 E.5）。被験物質のプレートデザインを表 E.6 に示す。VC を除き、すべてのウェルに固定濃度のアゴニスト参照化学物質（800 pM DHT）を添加して、アゴニスト応答の減衰を測定する。被験物質を添加後、アッセイプレートを  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $5\% \pm 0.5\%$  CO<sub>2</sub> インキュベーター内に 20～24 時間静置する。

表 E.5.参照標準のプレート濃度 (M) 割りあての例

	ビカルタミド			ビスフェノール A			DEHP			被験物質 1		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	$1.0 \times 10^{-4}$	→	→	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→	$1.0 \times 10^{-3}$	→	→
B	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→	$1.0 \times 10^{-4}$	→	→
C	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→
D	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→
E	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→
F	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→	$1.0 \times 10^{-10}$	→	→	$1.0 \times 10^{-10}$	→	→	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→
G	$1.0 \times 10^{-10}$	→	→	$1.0 \times 10^{-11}$	→	→	$1.0 \times 10^{-11}$	→	→	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→
H	VC				PC <sub>AGO2</sub>			PC <sub>ANTA</sub>			PC <sub>CT</sub>	

- VC : 溶媒対照 (0.1% DMSO)
- PC<sub>AGO2</sub> : AR アンタゴニストアッセイ用のアゴニスト対照 (800 pM DHT)
- PC<sub>ANTA</sub> : AR アンタゴニスト対照 (1 μM ビカルタミド)
- PC<sub>CT</sub> : 細胞毒性対照 (1 mM SDS)
- グレーのウェルには 800 pM DHT を含める

表 E.6.被験物質のプレート濃度（M）割りあての例

	被験物質 1			被験物質 2			被験物質 3			被験物質 4		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	$1.0 \times 10^{-3}$	→	→	$1.0 \times 10^{-3}$	→	→	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→	$1.0 \times 10^{-3}$	→	→
B	$1.0 \times 10^{-4}$	→	→	$1.0 \times 10^{-4}$	→	→	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→	$1.0 \times 10^{-4}$	→	→
C	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→	$1.0 \times 10^{-5}$	→	→
D	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→	$1.0 \times 10^{-6}$	→	→
E	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→	$1.0 \times 10^{-7}$	→	→
F	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→	$1.0 \times 10^{-10}$	→	→	$1.0 \times 10^{-8}$	→	→
G	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→	$1.0 \times 10^{-11}$	→	→	$1.0 \times 10^{-9}$	→	→
H	VC				PC <sub>AGO2</sub>		PC <sub>ANTA</sub>			PC <sub>CT</sub>		

- VC : 溶媒対照 (0.1% DMSO)
- PC<sub>AGO2</sub> : AR アンタゴニストアッセイ用のアゴニスト対照 (800 pM DHT)
- PC<sub>ANTA</sub> : AR アンタゴニスト対照 (1 μM ビカルタミド)
- PC<sub>CT</sub> : 細胞毒性対照 (1 mM SDS)
- グレーのウェルには 800 pM DHT を含める

#### AR アンタゴニストアッセイにおける包括的ランおよび特異性対照試験

28. プレスクリーニングランで陽性と判定された AR アンタゴニストを確実に同定するためには、800 pM DHT および 100 nM DHT の両方を用いて包括的ランおよび特異性対照試験を実施しなければならない。これら 2 点の濃度の DHT をアンタゴニストアッセイに含めることにより、「真の」AR アンタゴニストの濃度反応曲線の間にシフトが生じ、これらの化学物質を潜在的な偽陽性と区別できるようになることが期待される。プレスクリーニングランで作成した濃度反応曲線から被験物質の最高濃度を決定し、DMSO を用いて 1:3 または 1:5 の比で段階的に希釈する（付録 E.1 参照）。DMSO の最終濃度が 0.1% になるようにこれらの希釈液を水性培地に添加し、各濃度を 3 連で試験する。推奨される各ウェルの最終容量は 100 μL である（アッセイプレートから試験培地を取り除き、被験物質を含む試験培地で置換する）。参照標準のプレート配置は、プレスクリーニングランと同じである。被験物質のプレート配置を表 E.7 に示す。AR アンタゴニストアッセイでは、AR アゴニスト対照（PC<sub>AGO2</sub> ; 800 pM DHT）、AR アンタゴニスト対照（PC<sub>ANTA</sub> ; 800 pM DHT および 1 μM ビカルタミド）、および細胞毒性対照（PC<sub>CT</sub> ; 800 pM DHT および 1 mM SDS）を調製する。プレート配置を表 E.7 に示す。被験物質を添加後、アッセイプレートを 37°C ± 1°C、5% ± 0.5% CO<sub>2</sub> インキュベーター内に 20~24 時間静置する。

表 E.7.被験物質のプレート濃度 (log M) 割りあての例

	被験物質 1						被験物質 2					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	-5	→	→	-5	→	→	-4	→	→	-4	→	→
B	-5.7	→	→	-5.7	→	→	-4.7	→	→	-4.7	→	→
C	-6.4	→	→	-6.4	→	→	-5.4	→	→	-5.4	→	→
D	-7.1	→	→	-7.1	→	→	-6.1	→	→	-6.1	→	→
E	-7.8	→	→	-7.8	→	→	-6.8	→	→	-6.8	→	→
F	-8.5	→	→	-8.5	→	→	-7.5	→	→	-7.5	→	→
G	-9.2	→	→	-9.2	→	→	-8.2	→	→	-8.2	→	→
H	VC			PC <sub>AGO2</sub>			PC <sub>ANTA</sub>			PC <sub>CT</sub>		

- VC : 溶媒対照 (DMSO)
- PC<sub>AGO2</sub> : AR アゴニスト対照 (800 pM DHT)
- PC<sub>ANTA</sub> : AR アンタゴニスト対照 (1 μM ビカルタミド)
- PC<sub>CT</sub> : 細胞毒性対照 (1 mM SDS)
- グレーのウェルに 800 pM DHT を添加する
- 濃いグレーのウェルに 100 nM DHT を添加する

### エンドポイントの測定

29. AR 応答については Steady-Glo Luciferase assay system (Promega、E2510 または同等のもの) を、細胞毒性については生細胞プロテアーゼ検出システム (Cell Titer-Fluor™ Cell viability assay、Promega、G6080 または同等のもの) を用いてエンドポイントを測定する。細胞生存率およびルシフェラーゼ活性の測定は同一のプレートで行う。

30. 細胞生存率アッセイについて :

- 製造業者の指示に従って、細胞生存率 (CellTiter-Fluor™) 試薬を調製する。
- 20 μL/ウェルの細胞生存率アッセイ試薬を、被験物質を添加した培地が入ったアッセイウェルに直接加える。
- アッセイプレートをオービタルシェーカーで短時間混合する。
- アッセイプレートを 37°C ± 1°C、5% ± 0.5% CO<sub>2</sub> インキュベーター内で 1~3 時間培養する。
- インキュベーターからプレートを取り出し、蛍光光度計 (380~400 nm Ex/505 nm Em) を用いて細胞毒性を測定する。

31. ルシフェラーゼアッセイについて

- 製造業者の指示に従って、ルシフェラーゼアッセイ (Steady-Glo) 試薬を調製する。
- 細胞生存率アッセイ後に、50 μL/ウェルのルシフェラーゼアッセイ試薬をアッセイウェルに直接加える。
- アッセイプレートの上部をアルミホイルで覆い遮光し、室温で 5~10 分間静置する。
- 発光測定装置を用いてルシフェラーゼ活性を測定する。

## データの分析

## 細胞毒性

32. 蛍光光度計で測定した RFU 単位の細胞毒性を記録し、次のように変換する。

- AR アゴニストおよび AR アンタゴニスト対照（AR アゴニストアッセイ：10 nM DHT、AR アンタゴニストアッセイ：800 pM DHT）の平均値を 100%とする。
- 細胞毒性対照（AR アゴニストアッセイ：1 mM SDS、AR アンタゴニストアッセイ：800 pM DHT および 1 mM SDS）の平均値を 0%とする

33. 細胞生存率試験の結果、ある濃度の被験物質が細胞生存率を 20%以上低下させた場合、当該濃度は細胞毒性があると判断する。細胞毒性があると考えられるすべての濃度を評価から除外すること

34. 細胞生存率アッセイにおける RFU 単位からのデータ変換は以下のとおりである。

$$\text{細胞生存率 (\%)} = \frac{\text{被験物質の平均 RFU} - \text{PC}_{\text{CT}} \text{の平均 RFU}}{\text{PC の平均 RFU} - \text{PC}_{\text{CT}} \text{の平均 RFU}} \times 100$$

▪ RFU：相対蛍光単位

## ルシフェラーゼ活性

35. 照度計より得られた RLU 単位の発光シグナルデータを記録し、次のように変換する：

- AR アゴニストおよび AR アンタゴニスト対照（AR アゴニストアッセイ：10 nM DHT、AR アンタゴニストアッセイ：800 pM DHT）の平均値を 100%とする。
- 溶媒対照（0.1% DMSO）の平均値を 0%とする

36. アゴニストおよびアンタゴニストアッセイにおける RLU 単位からのデータ変換は以下のとおりである。

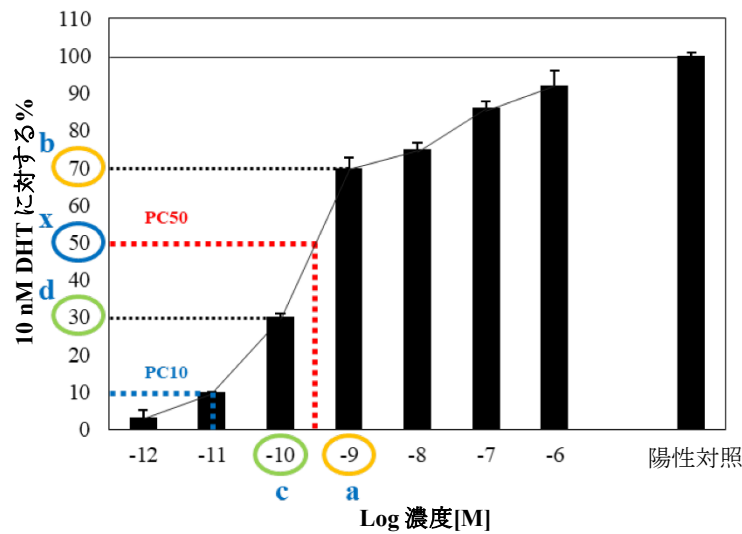
$$\text{RTA (\%)} = \frac{\text{被験物質の平均 RLU} - \text{VC の平均 RLU}}{\text{PC の平均 RLU} - \text{VC の平均 RLU}} \times 100$$

▪ RLU：相対発光量 ▪ RTA：相対的転写活性

## パラメータの算出

37. AR アゴニストアッセイでは、陽性の被験物質について、陽性対照の 10%の効果（log PC<sub>10</sub>）に相当する効果を引き起こす濃度、および適切な場合には、陽性対照の 50%の効果（log PC<sub>50</sub>）に相当する効果を引き起こす濃度を提示しなければならない。log PC<sub>x</sub> 値（x は PC<sub>AGO1</sub> と比較して 10%または 50%の誘導能といった、選択した応答を示す）の説明を図 E.2 に示す。log PC<sub>10</sub> および log PC<sub>50</sub> 値は、PC<sub>AGO1</sub>（10 nM DHT）により誘導される転写活性の 10%または 50%を誘発すると推定される被験物質濃度と定義できる。各 log PC<sub>x</sub> 値を、転写活性の 2 つの変数データポイントを用いた単純な線形回帰により算出することができる。log PC<sub>x</sub> 値のすぐ上とすぐ下のデータ点の座標を、それぞれ (a,b) および (c,d) とした場合、log PC<sub>x</sub> 値を次の式を用いて計算できる。log[PC<sub>50</sub>]の算出方法を図 E.2 に示す。

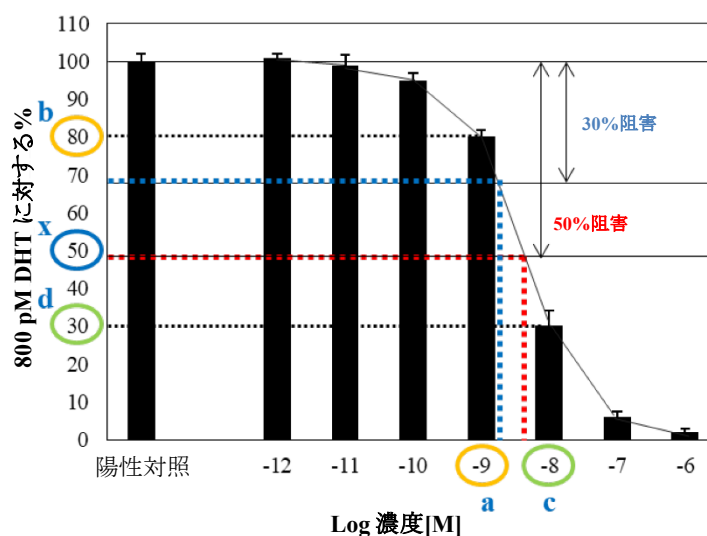
$$\log[\text{PC}_x] = c + [(x-d)/(b-d)](a-c)$$

図 E.2. log PC<sub>x</sub> 値算出の概略図

・AR アゴニストアッセイでは、PC<sub>AGO1</sub> (10 nM DHT) を各アッセイプレートに含める。

38. AR アンタゴニストアッセイの場合、陽性被験物質について、800 pM DHT で誘導される転写活性の 30% 阻害を示す濃度 (log IC<sub>30</sub>)、および適切な場合は 800 pM DHT の活性の 50% 阻害を示す濃度 (log IC<sub>50</sub>) を提示する。log IC<sub>x</sub> 値 (x は PC<sub>AGO2</sub> と比較して 30% または 50% の阻害といった、選択した応答を示す) の説明を図 E.3 に示す。log IC<sub>50</sub> 値および log IC<sub>30</sub> 値は、800 pM DHT による転写活性の 50% または 30% 阻害のいずれかを誘発すると推定される被験物質の濃度と定義できる。各 log IC<sub>x</sub> 値を、転写活性の 2 つの変数データポイントを用いた単純な線形回帰により算出することができる。log IC<sub>x</sub> 値のすぐ上とすぐ下のデータ点の座標を、それぞれ (c,d) および (a,b) とした場合、log IC<sub>x</sub> 値を下の式を用いて計算できる。log [IC<sub>50</sub>] の計算の概要を図 E.3 に示す。

$$\log [IC_x] = a - [(b - (100 - x)) / (b - d)](a - c)$$

図 E.3.log IC<sub>x</sub> 値算出の概略図

・AR アンタゴニストアッセイでは、PC<sub>AGO2</sub>（800 pM DHT）を各アッセイプレートに含む。

39. 特異性対照試験の場合、2つの濃度のDHTによる反応を区別するために、800 pM DHTを使用した時の濃度cにおける相対誘導能をY<sub>c</sub>とし、100 nM DHTを使用した時の濃度cにおける相対誘導能をS<sub>c</sub>とする。Y<sub>c</sub>またはS<sub>c</sub>のRLUからのデータ変換は以下のとおりである。

$$Y_c \text{ または } S_c (\%) = \frac{\text{被験物質の平均 RLU} - \text{VC の平均 RLU}}{\text{PC}_{\text{AGO2}} \text{ の平均 RLU} - \text{VC の平均 RLU}} \times 100$$

40. 被験物質が真の（競合的）AR アンタゴニストであるか判断するために、標準応答の相対誘導能Y<sub>c</sub>と特異性応答の相対誘導能S<sub>c</sub>の間の決定係数の二乗R<sup>2</sup>を算出した。R<sup>2</sup>が0.9未満の場合、この被験物質を真のARアンタゴニストと判定した。真のARアンタゴニストを識別するためのR<sup>2</sup>の式は、バリデーション報告書に記載されている(6)。(AR-CALUX®バリデーション試験報告書に示されているように)この基準は100%確実とは言えないため、注意が必要である。曲線の形状や外れ値の影響を受ける可能性がある。専門家の判断が必要な場合がある。

41. 高いレベルの細胞毒性があると典型的なシグモイド応答を著しく変化させたり、認められなくする場合があるため、アゴニストおよびアンタゴニストアッセイにおいてデータを解釈する際には考慮に入れる必要がある。従って、AR介在性の転写活性と細胞毒性を同じアッセイプレートで同時に評価すべきである。細胞毒性試験の結果、被験物質のある濃度において細胞生存率が20%以上減少した場合、この濃度は細胞毒性を示すとみなし、細胞毒性濃度およびこれを超える濃度を評価から除外する。

### データ判定基準

42. 細胞毒性がない場合におけるデータの判定および被験物質が陽性であるか陰性であるかの判断を表E.8に示す。

43. 化学物質を AR アゴニストとして分類するには、 $\log PC_{10}$  を決定することができる陽性のプレスクリーニングランに続いて、2 回の包括的ランで一致する結果が得られるか、一致しない場合は 3 回目の包括的ランを行う必要がある。プレスクリーニングランが陰性の場合、(2 回目の) フォローアップのプレスクリーニングランで結果を確認する。1 回目のプレスクリーニングランが陰性で 2 回目のプレスクリーニングランが陽性であった場合、3 回目のプレスクリーニングランを追加で実施する。AR アンタゴニストの場合、 $\log IC_{30}$  をプレスクリーニングランで算出し、特異性対照試験と共に少なくとも 2 回 (最大 3 回) の (細胞毒性を伴わない) 包括的ランで確認する。特異性対照における被験物質の  $R^2$  が 0.9 未満である場合、被験物質を真の AR アンタゴニストとみなすことができるが、これに追加の専門家の判断が必要な場合がある (段落 40 参照)。AR アンタゴニストではない化学物質は、少なくとも 2 回のプレスクリーニングランにおける陰性の結果 (陽性結果が無い) に基づいて分類する (表 E.8)。

表 E.8.陽性および陰性の判定基準

AR アゴニスト アッセイ	陽性	得られた $RPC_{max}$ が陽性対照の応答の 10%と同等またはこれを超える場合。
	陰性	それ以外のすべての場合。
AR アンタゴニ ストアッセイ	陽性	被験物質が以下を満たす場合：i) 細胞毒性を伴わずに被験物質の $\log IC_{30}$ が算出され、ii) 特異性対照試験において、 $R^2$ が 0.9 未満である。
	陰性	それ以外のすべての場合。

- すべての結果で細胞毒性を伴わない。



## 参考文献

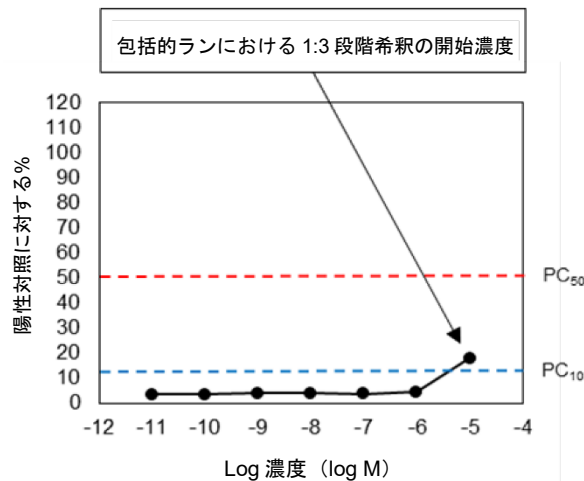
1. Kim H.J., Park Y.I., Dong M.S. (2006) Comparison of prostate cancer cell lines for androgen receptor-mediated reporter gene assays. *Toxicology In Vitro* 20, 1159–1167.
2. Sun S, Park E.J, Choi Y.H., Lee H.S., Ahn B.Y. and Dong M.S. 2016. Development and prev alidation of an in vitro transactivation assay for detection of (anti)androgenic potential compou nds using 22Rv1/MMTV cells. *Reproductive Toxicology* 60, 156–166.
3. Yen P.M., Liu Y., Palvimo J.J., Trifiro M., Whang J., Pinsky L., Janne O.A. and Chin W.W. 1997. Mutant and wild-type androgen receptors exhibit cross-talk on androgen- glucocorticoid-, and progesterone-mediated transcription. *Molecular Endocrinology* 11, 162-171.
4. Zwart, N., Andringa, D., de Leeuw, W.J., Kojima, H., Iida, M., Houtman, C. 2017. Improved androgen specificity of AR-Ecoscreen by CRISPR based glucocorticoid receptor knockout. *Toxicology in Vitro* 45, 1-9.
5. Lee H.S., Lee S.H. and Park Y.H. 2019. Enhancement of androgen transcriptional activation assay based on genome edited glucocorticoid knock out human prostate cancer cell line. *Environmental Research* 171, 437-443.
6. Validation Study Report of 22Rv1/MMTV\_GR-KO ARTA assay. (2019). Available at ([http://www.nifds.go.kr/brd/m\\_18/view.do?seq=12486&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm\\_seq\\_1=0&itm\\_seq\\_2=0&multi\\_itm\\_seq=0&company\\_cd=&company\\_nm=&page=1](http://www.nifds.go.kr/brd/m_18/view.do?seq=12486&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1))
7. OECD (2012) Guidance document on standardised test guidelines for evaluating chemicals f or endocrine disruption. OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Testin g and Assessment. No. 150. [ENV/JM/MONO\(2012\)22](#).
8. OECD (2005) Guidance document on the validation and international acceptance of new or u pdated test methods for hazard assessment. OECD Environment, Health and Safety Publicat ions Series on Testing and Assessment. No. 34. [ENV/JM/MONO\(2005\)14](#).
9. OECD (2016) OECD Guideline for the Testing of Chemicals: Stably Transfected Human And rogen Receptor Transcriptional Activation Assay for Detection of Androgenic Agonist and Ant agonistic Activity of Chemicals.
10. Validation report of the 22Rv1/MMTV\_GR-KO AR TA assay: An *in vitro* assay for identifying human androgen receptor agonists and antagonists.
11. ATCC 22Rv1 culture method. Available at ([https://www.atcc.org/products/all/CRL-2505.aspx#culture method](https://www.atcc.org/products/all/CRL-2505.aspx#culture%20method))
12. Kobayashi, H., Yamamoto, K., Eguchi, M., Kubo, M., Nakagami, S., Wakisaka, S., Kaizuka, M. and Ishii H (1995), Rapid detection of mycoplasma contamination in cell cultures by enzymatic detection of polymerase chain reaction (PCR) products. *J. Vet. Med. Sci.* 57, 769–771.
13. OECD (2018) Guidance document on good in vitro method practices (GIVIMP). OECD serie s on Testing and Assessment. No. 286. OECD Publishing Paris.

## 付録 E.1

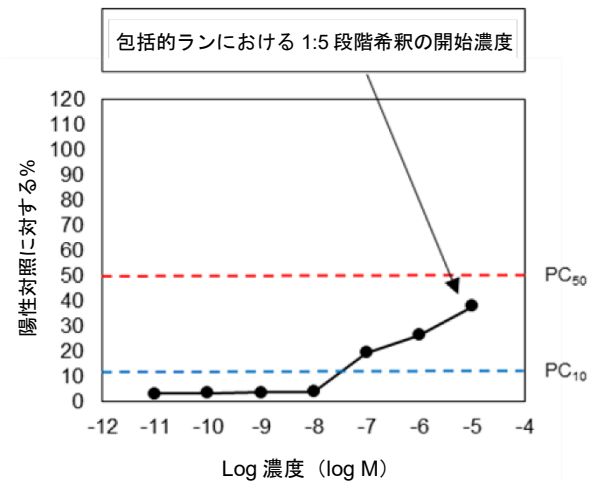
## 1. 包括的ランにおける最高濃度の決定法

2. プレスクリーニングランで被験物質が陽性と判定された場合、包括的ランを実施して被験物質の作用の程度を正確に測定する。AR アゴニスト活性に関して陽性に分類される被験物質はいずれも、ベースラインと正の傾きからなる濃度反応曲線を有する必要がある。AR アンタゴニスト活性に関して陽性に分類される被験物質はいずれも、ベースラインと負の傾きからなる濃度反応曲線を有する必要がある。可能であれば、陽性判定ごとに  $PC_{10}$ 、 $PC_{50}$ 、 $IC_{30}$  および  $IC_{50}$  値を算出する。包括的 AR アゴニスト/アンタゴニストアッセイは、各濃度を 96 ウェルプレート の 3 連ウェルで試験した 7 段階の一連の希釈液（1:3 または 1:5 の段階希釈）で構成される。包括的ランの開始濃度を決定するには、以下の基準を使用する。

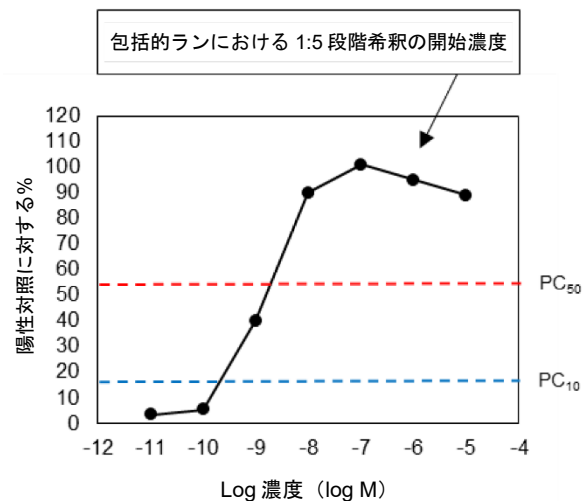
- プレスクリーニングランの結果から、被験物質が AR アゴニストアッセイにおいて  $PC_{10}$  値のみで陽性であることが示唆された場合（細胞毒性がなく、陽性の判定基準を超える被験物質の濃度曲線上の点が、1 つだけである場合）、包括的ランは、最大曝露濃度から開始する 7 段階の 1:3 希釈液を用いて実施する（例 1 参照）。
- プレスクリーニングランの結果から、被験物質が AR アゴニストアッセイにおいて  $PC_{10}$  値のみで陽性であることが示唆された場合（細胞毒性がなく、陽性の判定基準を超える被験物質の濃度曲線上の点が、複数ある場合）、包括的ランは、最大曝露濃度から開始する 7 段階の 1:5 希釈液を用いて実施する（例 2 参照）。
- プレスクリーニングランの結果から、被験物質が AR アゴニストアッセイにおいて  $PC_{10}$  および  $PC_{50}$  値で陽性であることが示唆された場合（細胞毒性がなく、陽性の判定基準を超える被験物質の濃度曲線上の点が、複数ある場合）、包括的ランで使用する 7 段階の希釈液の開始濃度は、プレスクリーニングランにおける最高レベルの応答を示す濃度の 10 倍とする（例 3 参照）。
- プレスクリーニングランの結果から、被験物質が AR アゴニストアッセイにおいて  $PC_{50}$  値のみで陽性である（または  $PC_{50}$  値が算出できないが最大活性が 10% 以上である）ことが示唆された場合（細胞毒性がなく、被験物質の濃度曲線上のすべての点が陽性の判定基準を超える場合）、包括的ランで使用する 7 段階の希釈液の開始濃度は、プレスクリーニングランにおける最高レベルの応答を示す濃度の 10 倍とする（例 4 参照）。



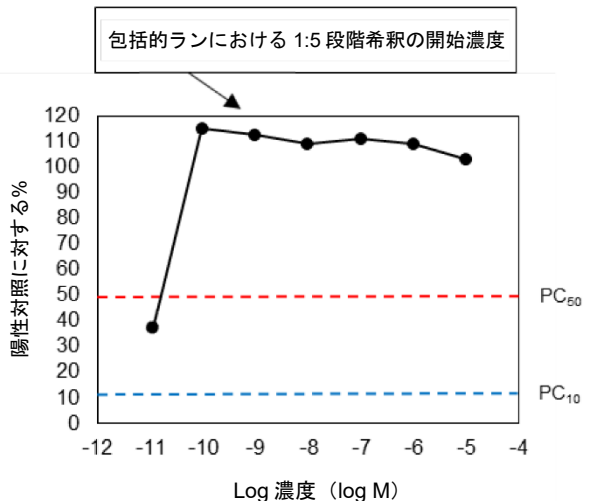
例 1



例 2



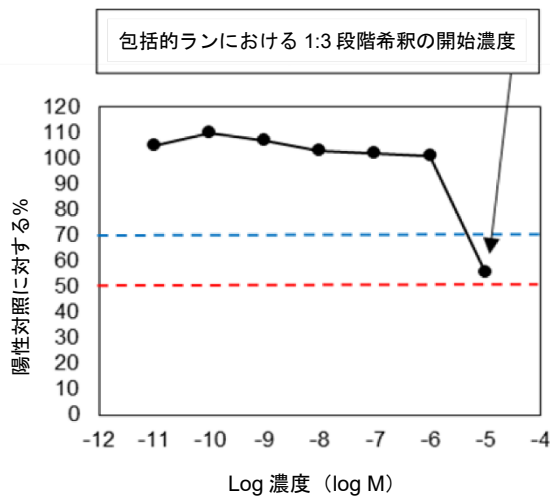
例 3



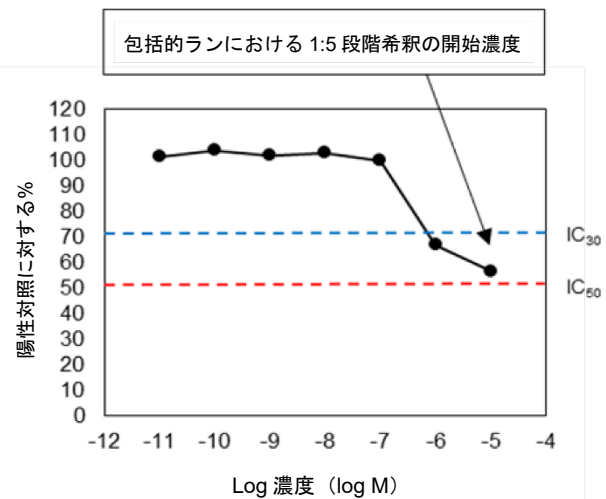
例 4

- ・プレスクリーニングランの結果から、被験物質が AR アンタゴニストアッセイにおける IC<sub>30</sub> 値のみで陽性であることが示唆された場合（細胞毒性がなく、応答が陽性の判定基準を超える被験物質の濃度曲線上の点が1つだけである場合）、包括的試験は、最大曝露濃度から開始して7段階の 1:3 希釈液を用いて実施する（例 5 参照）。
- ・プレスクリーニングランの結果から、被験物質が AR アンタゴニストアッセイにおける IC<sub>30</sub> 値のみで陽性であることが示唆された場合（細胞毒性がなく、応答が陽性の判定基準を超える被験物質の濃度曲線上の点が複数ある場合）、包括的試験は、最大曝露濃度から開始して7段階の 1:5 希釈液を用いて実施する（例 6 参照）。
- ・プレスクリーニングランの結果から、被験物質が AR アンタゴニストアッセイにおける IC<sub>30</sub> および IC<sub>50</sub> 値で陽性であることが示唆された場合（細胞毒性がなく、応答が陽性の判定基準を超える被験物質の濃度曲線上の点が複数ある場合）、包括的試験で使用する 7 段階の希釈液の開始濃度は、プレスクリーニングランにおける最高レベルの応答を示す濃度とする（例 7 参照）。

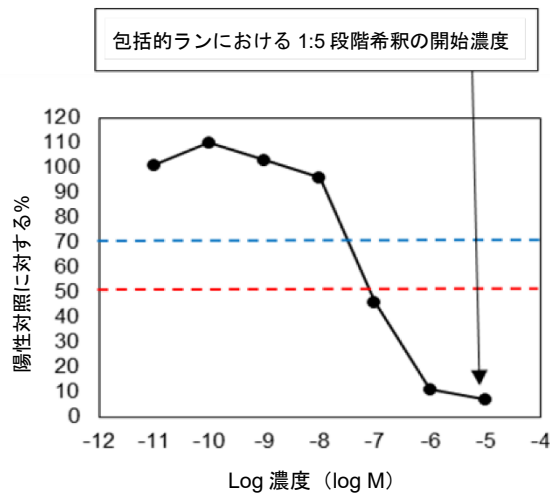
- ・プレスクリーニングランの結果から、被験物質が AR アンタゴニストアッセイにおける  $IC_{50}$  値のみで陽性であることが示唆された（または、 $IC_{50}$  値が算出できない）場合（細胞毒性がなく、被験物質の濃度曲線上のすべての点が陽性の判定基準を超える場合）、包括的試験で使用する 7 段階の希釈液の開始濃度は、プレスクリーニングランにおける最高レベルの応答を示す濃度とする（例 8 参照）。



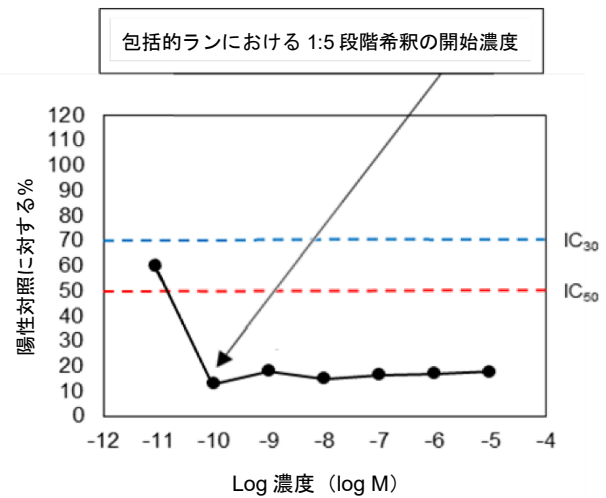
例 5



例 6



例 7



例 8