J. Plasma Fusion Res. Vol.95, No.5 (2019) 243-246

サロン

# ボードゲームの中の原型炉建設と研究者の多様性

# Fusion DEMO Reactors and Diversity of Fusion Scientists on Board Game

近藤正聡[1)]，田中のぞみ[2)]，本間寛人
KONDO Masatoshi[1)], TANAKA Nozomi[2)] and HOMMA Hiroto
[1)]東京工業大学，[2)]大阪大学

（原稿受付：2019年3月22日）

今まさに核融合原型炉の設計期を迎えている．大学等における基礎研究・教育の現場から，国立研究所のプロジェクト研究，産業界のものづくりの最前線に至るまで，原型炉開発を背景として幅広い年齢層の研究者・技術者らによる多彩なドラマが展開されている．特に，大学生・大学院生から著者らの世代あたりまでの核融合科学研究者は原型炉設計に多かれ少なかれ関わりながら研究を進めることとなる．大変な責任が伴うもののビッグサイエンスの一翼を担える事が如何にエキサイティングなことなのか，若手研究者やその卵たちと一緒に考えたいと思い，核融合科学研究者の生涯を疑似体験しうるボードゲームを今の時代に即した形で製作した．トカマク・ヘリカル・レーザーの3種類の核融合炉の代表的な構成機器に加え，研究者のキャリアパスやダイバシティ，ワークライフバランスに関する様々なイベントが登場する完全オリジナルのボードゲームである．第35回プラズマ・核融合学会年会にて，プラズマ・核融合学会の男女共同参画委員会と若手グループの共催という形で，このボードゲームに関するインフォーマルミーティングを開催した．本稿では，以上の成果について報告する．

## 1．はじめに

原型炉研究開発ロードマップでは，国際熱核融合実験炉ITERのファーストプラズマ点火を2025年，核燃焼（DT核燃焼）実証を2035年頃と仮定した上で，優先的に実施すべき課題がまとめられている[1]．原型炉の建設が開始されるであろう2035年頃は，今の時点で大学生や大学院生の世代が，働き盛りの40歳前後となる時代である．JT-60SAの建設完了とその稼働を経験しながら，原型炉の設計期から建設期まで最前線で活躍する世代である．著者らの世代も含めて核融合分野の若手研究者（とその卵たち）は，原型炉設計に多かれ少なかれ関わりながら研究を進め，原型炉の実現に立ち会うこととなる．

研究者の卵たちは，大学院で博士号を取得した後に，産業界，政府・地方公共団体，大学等の何処かで働きながら核融合原型炉の実現をめざすこととなる．研究の傍ら，仕事と生活の調和（ワークライフバランス）を維持することも重要であり，企業や研究所，大学等には，研究成果の最大化をめざす上で，研究者の多様性（ダイバシティ）を支えていくことが求められる．

こうした状況を受けて，若手研究者有志が中心となり，プラズマ・核融合学会の年会会期中にキャリアパスや産官学連携などに関する様々なインフォーマルミーティングを開催してきた．一方で，プラズマ・核融合学会の男女共同参画委員会[2]ではダイバシティに関する講演会を継続的に行ってきた．若手有志の活動と男女共同参画委員会のコラボレーションにより，原型炉開発をめざす研究者の生涯を疑似体験可能なボードゲーム”Fusion Dancing Basket"を有志で作成した．このタイトルには，核融合炉開発（Fusion）をめざす元気な研究者（Dancing）によるチーム（Basket）の構築という思いが込められている．このボードゲームの狙いは，核融合炉開発に触れながら研究者としての生涯をイメージできるようなツールとすることにある．2018年プラズマ・核融合学会年会において，このボードゲームを用いたインフォーマルミーティングを開催した．本稿では，こうした活動について，次の章以降で紹介する．尚，ボードゲームについては，本稿の終わりに記載されているWEBサイトでダウンロードが可能であるため，ご興味のある方は是非一度ご覧いただきたい．

## 2．ボードゲームの中に表現した核融合炉開発とキャリアパス

ボードゲームの内容を考える上で，幅広い年齢層に親しまれているタカラトミー社の「人生ゲーム」を参考にした．そのため，今回開発したゲームの形態は双六方式に準じている．4名のプレイヤーが核融合炉の実現をめざす研究者となり，各々の手番でサイコロを振り，出た目の分だけ駒を進める．止まったマスに書かれたイベントを消化しながらキャリアを積み，ゴールをめざす．マス目の種類は次の7種類を用意した．

① 核融合原型炉パーツカード（真空容器，ブランケット，ダイバーター等）のマス
② 業績カード（論文，受賞，委員歴等）のマス

*Laboratory for Advanced Nuclear Energy, Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology, TOKYO 152-8550, Japan*
*corresponding author's e-mail: kondo.masatoshi@lane.iir.titech ac.jp*



©2019 The Japan Society of Plasma Science and Nuclear Fusion Research

③ ライフイベント（結婚，出産等）のマス
④ キャリアイベント（就職，転職，昇進等）のマス
⑤ 研究者あるあるネタ（新聞掲載，テレビ出演，研究費獲得等）のマス
⑥ 男女共同参画カードのマス
⑦ ペナルティーイベント（論文不正，不正経理等）のマス

ゲーム内のイベントを消化することにより，プレイヤーの業績数や，個人としての幸せの度合いを表すハピネスポイントが増えていく．最終的な勝敗は，獲得した業績数とハピネスポイントの合計点，核融合の建設状況により与えられるユニークな称号のランクによって決まる．つまり，如何に充実した研究者人生を歩めるかという点が重要であり，ゲーム中で可能な限り多くのイベントを効率よく消化することが勝敗のカギを握る．

今回のボードゲームでは，マス目の数を100マスとし，1回のプレイ時間として約40分を想定した．この内訳は次の通りである．一人がサイコロを振って駒を進めてカードを読むまでの時間を30秒と考え，その回数を20回／人として，30(秒／人)×4(人)×20(回)＝2400(秒)＝40(分)と見積もった．1個のサイコロの期待値は3.5なので，70マスが目安となるが，ペナルティにより強制的に進むマスも配置されているため100マスとした．ゲームの進行を速めるために，上位2名がゴールについた時点でゲーム終了とした．

核融合科学研究者になる方法は，大学教員，企業研究者，国立研究所の研究員など多種多様なキャリアパスがある．最近は博士号取得直後の研究者に対するテニュアトラック制度（終身雇用の職位を得る前に任期付きの雇用形態で自立した研究者として経験を積む仕組み）が積極的に導入されており，学位取得後およそ10年以内のテニュア獲得が若手研究者の目標となっている．その後，配置換えや出向あるいは転職をしながら研鑽を積んでいくというのがキャリアパスの1例である．今回のボードゲームは，大学院生としてスタートし，定年退職するまでのキャリアを表現している．**図1**に示すように，若手のキャリア形成の時期にリピートしてしまう恐れもあるポスドクという任期制のポジションを設けた他，ある程度経験を積んだ状態でITERへ出向する機会も組み込んだ．

図1　大学院修了後のポスドクや正規のポストへの就職．

核融合炉の実現は，ゲームの中でも重要なミッションである．途中の原型炉開発のマス目に止まることで，トカマク，ヘリカル，レーザーの型式の核融合炉を構成するパーツが手に入る．**図2**に示すように，それぞれの炉型について特定の数のパーツカードを集めることで核融合炉を完成させることができる．核融合炉を構成するパーツをチームで集めながら少しずつ完成していく醍醐味が味わえるものとなった．個々のプレイヤーが多くの業績やハピネスポイントを得ようと駒を進める一方で，4人のプレイヤーが協力して原型炉完成をめざすことが重要となる．これは原型炉開発研究において競争だけではなく協奏のエッセンスも必要であるという側面を表現しようとした．

## 3．核融合分野における研究者の多様性

多様性（ダイバシティ）とは，様々な人材の様々な働き方や価値観のことを指す．このボードゲームでは最も可視化されている例として家事，育児，介護など，男女共同参画の範疇の事例を多く登場させた．

各大学，研究機関，企業には，男女共同推進室に該当する部署があり，様々なサポートを提供している．ボードゲームの中には，代表的なサポートが登場する．例えば，学内保育園や，家事・育児・介護等により，研究時間を確保しづらい研究者に向けた支援員・アシスタントを配置する制度も登場する．2019年5月時点では殆ど整備されていない家族帯同費助成という制度も盛り込まれている．子どもが離乳前であったり，都合がつかなかったりして，出張に帯同する場合があるが，旅費だけでも相当な金銭的負担となるため見えないところで大きな出費をしている子育て研究者は多い．現時点で近いサポートとして帯同出張中の保育料補助や，日本学術振興会海外特別研究員RRA［3］の子どもの旅費支給と子ども手当等が存在する．

また，ボードゲーム内には，男女共同参画に関わる様々なライフイベントが登場する．例えば育児休業を取った場合，本人が育児に専念するためキャリア上の空白期間が発生してしまう意図で，マス目のスキップという扱いになっている．ただし学術界では実質リモートワークが可能な場合も多く，余裕があり希望すれば場所と時間を選ばずに研

図2　ボードゲームの中の核融合炉建設．

究ができる環境にある．本質的には本人の状況と意向により，仕事を進める上で柔軟な調整が可能な点は研究者の仕事形態の魅力の一つであり，多様な働き方の在り方の一つとして捉えることができる．これらのライフイベントやサポートは女性だけの問題ではなく，男女ともに向き合い，対応していく課題として各機関が取り組んでいる．

ボードゲームの中には，様々なネガティブイベントも登場する．例えば，「ゼロメン」「パタニティーハラスメント」や「マイクロアグレッション」等であるが，これらには厳しいペナルティが課せられる．こうしたネガティブ事象の背景には，個々や社会に潜在する「無意識の偏見（unconscious bias）」が存在する．人種，国籍，性別，ジェンダー，容姿などに関わる無意識の偏見は学術界にも存在することはNatureなどでも度々取り上げられており[4,5]，ハーバード大学のImplicit association test[6]などが知られている．明確な差別，ハラスメントには近年組織的な対策と罰則が設けられ人々の知るところとなったが，次の課題として自身が持つ無意識の偏見に向き合うこと，そして組織的に対策を取る動きが世界的にみられている．

## 4．プラ核学会年会のインフォーマルミーティングについて

第35回プラズマ・核融合学会年会（2018年12月４日，大阪大学）にて，男女共同参画委員会と若手グループの共催という形でインフォーマルミーティングを開催し，ボードゲームを披露した．若手研究者を中心に，大学院生からベテラン研究者まで，様々な分野の幅広い年齢層の学会員約40名に参加いただいた．最初に趣旨説明がされた後，核融合科学研究所の村上泉教授から「男女共同参画委員会の活動紹介」をプレゼンしていただき，ボードゲーム内に登場する多様性やワークライフバランスに関する事前レクチャーをしてもらった．本稿の著者の田中が，遊び方・ルール説明をした後，学会員36名で，４人ずつ９チームに分かれてボードゲームをプレイし（**図３**），ボードゲームに触れながら，核融合炉の仕組みや研究者の多様性の大切さを学んだ．核融合炉の建設と研究業績と人生の幸福度のバランスについて考えながら，思い思いの時間を過ごした．終了後，改善に向けて様々なコメントが寄せられた．特に，「昇進がしづらい」，「ペナルティが多すぎる」，「業界で殆どない不正事象が多すぎる」，「一般の方には難解な語句が多い」，「核融合炉とキャリアパスと多様性と色々と要素が多すぎる」等のコメントが多く，これらはゲームの難易度に関するものである．今後一般の方への公開に向けて優しい内容になるように努めたいと思う．

図３　インフォーマルミーティングの様子．

## 5．まとめ

様々な専門分野で，教育やアウトリーチの観点から多様なゲーム型が提案されている．例えば，防災の考え方を学ぶことができる土木学会の「ポケドボ」カードゲーム［7］，JAXAが製作した人工衛星や衛生通信に関するゲーム［8］，人工知能学会が製作した研究者のキャリアパスを体験できるボードゲーム［9］等が挙げられる．今回開発したゲームは，核融合炉開発という長い時定数のビッグサイエンスの流れに研究者のキャリアパスや多様性を対応させることで，一人称で研究者の人生を体験できる極めて珍しいものである．本ゲームをプレイすることで，核融合炉を構成する様々な機器と触れ合うことができる．また，あまり馴染みのない研究者のキャリアパスの一例もイメージすることができる．100マスしかないボードゲームであるため，表現できているキャリアパスは限定的であるが，冊子としてではなくゲームとしたことにより，キャリアパスの１例を楽しみながらイメージすることができるものとなった．また，今後更に重要となる多様性のエッセンスに関しても，積極的に取り入れようと努力した．ゲームの中の様々なミッションは，学生から社会人，シニア世代まで幅広い層の関心を引きやすいものである．このボードゲームの内容を改良することにより，一般の方に核融合炉分野を知ってもらう有効なアウトリーチツールになりうると思われる．サイエンスへ関心のある中学生・高校生に気軽に遊んでもらえるようなゲーム作りへと活動を繋いでいきたい．

## 謝　辞

このボードゲームを製作するにあたり，共著者ら以外に次の方々の協力をいただいた．ここに深く謝意を表したい．ヘリカル型核融合炉の構成機器に関しては，核融合科学研究所の田中照也先生に監修をお願いした．レーザー型核融合炉の構成機器に関しては，光産業創成大学の森芳孝先生に監修をお願いした．トカマク型核融合炉の構成機器は，本稿著者の本間が担当した．ITER出向コースについては，ITER日本国内機関窓口の三上晃稔様に監修いただいた．研究者の身近なライフイベントに関しては，量子科学研究開発機構の齋藤真貴子様にアドバイスを頂戴した．男女共同参画カードについては，核融合科学研究所の村上泉先生に監修をお願いした．本ゲームにおける多様性の要素については，本稿著者の田中が担当した．核融合関連の業績等については，プラズマ・核融合学会事務局に協力いただいた．本ゲームのバランスやアウトリーチツールとしての方向性について東北大学の笠田竜太先生にアドバイスを頂戴した．本ゲームのテストプレイに協力いただいた皆

様にも感謝申し上げる．

## 参 考 文 献

［1］原型炉研究開発ロードマップ（一次まとめ），
http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2018/11/08/1408259_1.pdf
［2］プラズマ・核融合学会の男女共同参画委員会，
http://www.jspf.or.jp/genderequality/index.html
［3］日本学術振興会特別研究員 RRA 募集要項
https://www.jsps.go.jp/j-ab/rra_sin.html
［4］G. Guglielmi, "Gender bias goes away when grant reviewers focus on the science", Nature **554**, 14 (2018).
［5］J. Raymond, "Most of us are biased", Nature **495**, 33 (2013).
［6］Implicit association test
https://implicit.harvard.edu/implicit/index.jsp
［7］楽しみながら防災を学ぶ「ボケドボ」
http://committees.jsce.or.jp/kikaku03／
［8］衛星通信カードシミュレーションゲーム，http://www.satnavi.jaxa.jp/kids/education/cardgame.html
［9］Happy Academic Life 2006,
http://academiclife.info/

**※ボードゲームのダウンロードサイト**

http://www.lane.iir.titech.ac.jp/~kondo.masatoshi/boardgame.html

近藤正聡（こんどう まさとし）

東京工業大学・科学技術創成研究院・先導原子力研究所・准教授．第一作目となる今回のボードゲームには，人生で欠かすことのできない“お金”に関わる内容が殆ど登場しません．研究業績やハピネスポイント，核融合炉の完成という観点だけで，プレイヤー（研究者）の勝敗が決まります．少し変わった価値観の人生ゲームに仕上がっています．次回作は，もう少し難易度を低くして，中学生位から気軽に楽しんでもらえるものにしたいと思っています．どうかご期待ください．

本間寛人（ほんま ひろと）

東京大学大学院修了．工学と理学の狭間のエンジニアとして核融合実験装置用計測機器の構造解析や技術調整，設計開発に従事．机上から現実に落とし込む作業の大変さを実感しています．次にバトンを受け取る方々が楽になればと思いながら技術資料を作っています．宇宙と工学が好きで，教育・広報活動を細々と（9年目）続けています．「PLANETES」「Interstellar」「遠い空の向こうに」「ライトスタッフ」等のSF作品が好み．

田中のぞみ（たなか）

大阪大学レーザー科学研究所　特任助教．現在の研究分野は高強度パルス極端紫外光を用いた材料加工に関する基礎研究．学生時代から負イオンビーム生成とその応用研究も続けており，レーザープラズマと放電プラズマの間を行ったり来たりしています．近い将来この二つのテーマにまたがる研究を展開してみたいと思っています．音楽が好きで，最近夫と娘を巻き込んで趣味のギターを再開しました．