ISSN　2759-6435

大分工業高等専門学校

年 次 報 告

Annual Report of

National Institute of

Technology, Oita College

第 62 号

令和 7 年 11 月

NO. 62

November 2025

大 分 工 業 高 等 専 門 学 校

National Institute of Technology, Oita College

ISSN　2759-6435

大分工業高等専門学校年次報告

Annual Report of National Institute of Technology, Oita College

第 62 号
令和７年１１月

表紙

目次

〔研究論文〕

ヴァイキング期のダブリン王オーラフ・クアラーンとアイオナ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

田中　美穂

一般科文系

教室内英会話活動における中学生のやり取りと気づきの変化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7

川野　泰崇

一般科文系

機械工作を活用した情報スキル向上に関する取組み・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17

山本　通

機械工学科

沖縄県内に分布する赤土等の基本的特性に関する文献調査および今後の展望－鉄鋼スラグの新たな有効利用技術の開発を目指して－・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

大分工業高等専門学校年次報告　第 62 号 （令和 7 年 11 月）

（研究論文）

ヴァイキング期のダブリン王オーラフ・クアラーンとアイオナ

田中　美穂

一般科文系

アイルランドは，795年以降，ヴァイキングによる襲撃に度々見舞われた．やがてヴァイキングは一部の地域に定住するようになり，彼らが建設した都市ダブリンには「ダブリン王」が君臨することになる．

本稿では，10世紀後半に活躍し，ノルウェーにルーツを持つダブリン王オーラフ・クアラーンを中心に論述する．オーラフは，キリスト教に改宗した最初期のヴァイキングでもあり，最期はスコットランドのヘブリディーズ諸島にあるアイオナ修道院で宗教生活を送った．

オーラフ・クアラーンのアイルランド人の王たちとの関係をたどり，当時のダブリン王がアイルランドでどのような存在であったのかを明らかにしたい．また，アイオナ修道院はヴァイキングの攻撃によって大きな被害を受けたが，なぜそのヴァイキングのダブリン王がアイオナで生涯を終えることになったのか，この点についても考察したい．

キーワード：アイルランド，ヴァイキング，ダブリン王，オーラフ・クアラーン，アイオナ修道院，ヨーク王

はじめに

北欧のスカンディナヴィア半島とデンマークから出航し，ロシア，フランスをはじめとするヨーロッパ各地の沿岸地域，アイスランド，フェロー諸島，グリーンランド，さらにはカナダのニューファンドランド島のランス・オ・メドーに至るまで，その優れた造船技術と航海術をもって，ヴァイキングは多くの足跡を残した．

アイルランドを含むブリテン諸島でも，8世紀末から11･12世紀にかけてが，ヴァイキング期と位置付けられる．ヴァイキングの襲撃や定住が，スコットランド北端のオークニー諸島やシェトランド諸島，アイリッシュ海にあるマン島，イングランドとアイルランドの東岸地域などで頻繁に見られたからである．ダブリン，ヨークといった主要都市などを統治する王も現れ，ブリテン諸島の一部がヴァイキングの支配下に置かれた．

アイルランドに関しては，795年に北東部のラスリン島の修道院が「異教徒（＝ヴァイキング）に（襲撃されて）燃やされた」という年代記の記録が最初である[1)]。それ以降，833年頃まで，ノルウェー系ヴァイキングがアイルランド沿岸や周辺の島々を度々襲った．この頃のヴァイキングは，教会や修道院を狙い，聖杯，十字架，写本収納箱，聖遺物箱などの金属工芸品を奪って行った．彼らは，キリスト教徒ではない「異教徒」であったがゆえに，このような略奪行為を堂々と行っていた．

史料を残したキリスト教徒の修道士たちにとっては，彼らはまさに「異教徒」（アイルランド語で‘genti’，ラテン語で‘gentilis / gentes’）であった．

ちなみにヴァイキングは，現地のアイルランド人（アイルランド語で‘Goídil / Gaídil’，ラテン語で‘Scoti / Hibernenses’）から，他にも「北の人」（アイルランド語で‘Nortmann / Norddmann’，ラテン語で‘Normanni’），「よそ者／異邦人」（アイルランド語で‘Gaill’）と記された[2)]．

ヴァイキングは，830年代後半からアイルランド各地に多くの拠点をつくり，越冬・定住するようになった．837年には，60隻もの船でブレガ（現在のダブリン北部）を襲うなど，次第に大規模化・集団化していった．840年代には，アイルランド北東部アルスター地方のネイ湖や現在のダブリンを流れるリフィー川沿いに要塞も築いていった．

こうしてダブリンという都市が，ヴァイキングによって建設されたわけであるが，彼らは，他にも南部のリムリック，コーク，ウォーターフォードといった都市を築き，自分たちの拠点としていった．その中心はヴァイキング最大の居住地でもあったダブリンである．

902年にヴァイキングのアイルランド定住が一旦終わり，これまでを第1期ヴァイキング時代と見なす．しかし，早くも914年から彼らが再びやって来て，第2期ヴァイキング時代が始まる．ダブリンは，アイルランドのヴァイキング

の最大拠点であり，アイリッシュ海周辺の各地に散在するヴァイキング居住地域の一大拠点ともなった．ノルウェー系ヴァイキングは，ダブリンなどのアイルランドの都市だけではなく，マン島，スコットランド北部の一部地域をも支配した．さらにイングランド北部ノーサンブリアのヨークなどにも拠点を置き，交易活動や定住化を進めていった．その統治者は「ダブリン王」「ヨーク王」と記される．

彼らヴァイキング同士の勢力争いに加え，現地のアイルランド人の王同士の争いもある．アイルランドに統一王権はなく，その時代のアイルランドで最高位の王には「アイルランドの上王（「上王」とは，アイルランド語で‘ard-rí’，英語で‘high-king’）」という称号が与えられたが，彼らがアイルランド島全体を統治していたわけではない．アルスター，レンスター，マンスターといった各地方の王のランクも「上王」である．とはいえ，たとえば地方レベルの「アルスター王」よりも，「アイルランドの上王」の方が当然地位は高かったといえる．

本稿で取り上げるダブリン王オーラフ（アムリーブ）・クアラーン（Olaf / Amláib Cuarán） は，ヨーク王であった時期もあり，アイルランドのみならず，ブリテン北部とも関係が深い．また，オーラフが良い例であるが，ヴァイキングの王が，現地のアイルランド人の王たちと手を結ぶこともあり，その勢力図の把握は一筋縄にはいかない．

以下，彼の生涯やアイルランド人の王たちとの関係をたどり，このヴァイキング期のダブリン王が，アイルランドの歴史に与えた影響について考えていきたい[3]．

１．ダブリン王オーラフ・クアラーン

オーラフ・クアラーンは，諸文献で様々に表記される[4]．‘Cuarán’とは，アイルランド語で「サンダル」の意味であり，同名の人物が多いということもあり，ニックネームのようにこの人物に添えられる．父はシトリック（Sitriuc Cáech / Sigtryggr）（927年没）で，母は，イングランド人の王エセルスタン（Aethelstan）（939年没）の姉妹であった．父シトリックもダブリン王やヨーク王と記され，イー・イーヴァル（Uí Ímair）に属する．イー・イーヴァルは，スカンディナヴィア出身の統治者がアイルランドで築いた王家で，創始者のイーヴァル（Ímar）（873年没）はシトリックの祖父に当たる．オーラフは，歴代ダブリン王を輩出する一族に生まれた[5]．

最初にオーラフが記録に登場するのは，940年にダブリンを去り，ヨークに向かった時である．翌年，ヨーク王であった同名のいとこが死去し，オーラフが新たなヨーク王となった．ウェセックス王エドマンド1世（946年没）と戦ったが和解し，エドマンド王を代父としてキリスト教徒となった．944年にエドマンドの侵攻を受け，オーラフはノーサンブリアを追放され，翌年，ダブリンに戻った．

948年か949年に、オーラフはヨークに行き、第二の統治を始めたが，その期間は，オーラフがノルウェー人のエーリク血斧王（Eirik Bloodaxe）（954年没）により追放される952年まで続いた．

以上から，オーラフは，941から944年までと949年から952年まで，ヨーク王であったと認識されている．

アイルランドでは，オーラフは，最初にイングランドから戻った945年以降に，南イー・ネール出身のブレガ王コンガラハ（Congalach Cnogba）（956年没）と同盟を結んだ．オーラフのいとこ（Blacáir）が，オーラフの不在時にダブリンの支配権を握っており，オーラフの競争相手となっていたが，そのいとこはコンガラハによって948年に殺害された．一方，コンガラハは，アイルランドの上王の地位を狙っていたが，北イー・ネール出身の競争相手（Ruaidrí Ua Canannáín）（950年没）がいた．ダブリンのヴァイキングたちがコンガラハを支援し，このコンガラハの競争相手を950年に殺害した．以上から，オーラフとコンガラハが協力し合っていたことが分かる．

オーラフが952年にアイルランドに戻ってから，オーラフとコンガラハの関係が悪化した．コンガラハが，レンスター北部のダブリンの支配権を脅かすようになったためである．956年，オーラフらの軍は，コンガラハと彼の軍を襲撃し，コンガラハもこの時に殺害された．

その後も，ダブリン王オーラフは，他のアイルランドの有力な王たちとの勢力争いが続いた．中でも，コンガラハの後，956年にアイルランドの上王となったドヴナル・ウア・ニール（Domnall Ua Néill）（980年没）は，969年に異邦人（＝ヴァイキング）たちを攻撃した．

980年には，ドヴナルの子マイル・シェフニル（2世）・マク・ドヴナル（Mael-Sechnaill II / Mael-Sechlainn mac Domnaill）（1022年没）とタラの丘で戦ったが，オーラフの軍勢が敗れた．三日三晩，ダブリンを包囲され，多数のアイルランド人の人質や奴隷が解放された．また多くの宝物が奪われ，略奪品も奪い返された．この時，オーラフは，ヘブリディーズ諸島やマン島のヴァイキングたちと一緒に戦っていたが大敗し，アイルランドにおいて，異邦人たちが勢力を失うことにつながった．

タラの丘とは，ダブリン近郊の北西部にある丘陵地で，アイルランドの統一王建の象徴であった．伝統的に，ここを制した「タラ王」が，「アイルランドで最高位の王」「アイルランドの上王」と見なされた．「アイルランドの上王」はこの「タラ王」の称号も持つ．

タラの戦いで敗北したオーラフは，980年にアイオナに巡礼し，981年にアイオナで死去した．

オーラフは，945年から947年まで，また952年から980年まで，ダブリン王であったと考えられている．

ここまで見てきたように，オーラフ・クアラーンの経歴は，941～944年がヨーク王，945～947年がダブリン王，949～952年が第二期のヨーク王，952～980年が第二期のダブリン王となる．ヨーク王とダブリン王に交互になって

いるが，都市ヨークがあるイングランドのノーサンブリアからは，それぞれエドマンド1世とエーリク血斧王によって追放されており，ダブリン王の地位も最後はタラの戦いで敗北したことによって失うこととなった．ヨークとダブリン，どちらの王位も競争相手がおり，安定していたとは言えないが，第二期のダブリン王の時代は，30年近くも続き，9世紀半ばから1170年まで続く歴代ダブリン王の統治期間の中でも，後述するオーラフ自身の子（シトリック）に次ぐ2番目の長さである．

オーラフもそうであるが，当時のヴァイキングのダブリン王は，「異邦人の上王」とも記された．その地位は，アイルランド人の上王と同じ位置づけであったと推定されている[6)]．

オーラフ・クアラーンは，ヨーク王ともなった最後のダブリン王であった．また最初のキリスト教に改宗したノルウェー系のダブリン王ともなった．

次に，アイルランドとブリテン両島で王となったオーラフの婚姻関係や子どもたちについて見ていきたい．

２．オーラフ・クアラーンの妻子

オーラフには，複数の妻がいたが，そのうち二人は人物が特定できている．

一人目は，ドゥーンラス（Dúnlaith） で，前述のタラ王ドヴナル・ウア・ニールの姉妹であった．彼女は，アイルランド中心部の王国ミデの王ドヴナル・マク・ドンハダ（Domnall mac Donnchada）(952年没)の寡婦であった．実は二人の間の息子が，マイル・シェフニル・マク・ドヴナルである．後に，継父であるオーラフを，マイル・シェフニルはタラの戦いで破ることになる．

969年にオーラフはドヴナル・ウア・ニールの攻撃を受けるが，おそらくその前に，ドヴナル・ウア・ニールと婚姻による同盟関係も結んでいたことになる．オーラフとドゥーンラスとの間に生まれた息子（Glún Iairn）(989年没)が父オーラフ・クアラーンの後を継いでダブリン王（在位980-989年）となった。

二人目は，ゴルムラス（Gormlaith）（1030年没）で，彼女の父はレンスター王ムルハダ・マク・ブラン・フィン（Murchad mac Brain Fionn）（972年没）であった．960年代後半に，まだ10代半ばであった彼女は，オーラフ・クアラーンと最初の結婚をしたと推定されている．二人の間の息子シトリック（Sitriuc Silkenbeard）（1042年没）も989年から1036年までの長い間ダブリン王の地位にあった．また，オーラフとゴルムラスの間の娘（Gytha）は，ノルウェー王オーラフ・トリュッグヴァソン（Olaf Tryggvason）（1000年没）の妻の一人であったと見られている．

ゴルムラスは，オーラフ以外にも，アイルランド人の時の権力者と結婚をしている．981年にオーラフが死去するが，その時まで二人の婚姻生活が続いていたかどうかは分からないものの，おそらく980年代後半にマンスター王ブリアン・ボールヴァ（ブライアン・ボルー）（1014年死去）と結婚したと推定されている．ちなみにオーラフの息子シトリックは，ブリアン・ボールヴァの娘を妻としている．

さらに彼女は，ドヴナル・ウア・ニールの子マイル・シェフニルとも結婚したという説もある．そうだとすれば，オーラフとゴルムラスの子シトリックは，母親の結婚によって，父オーラフをタラの戦いで破った父の敵マイル・シェフニルを継父に持ったことになる．また，マイル・シェフニルは，母ドゥーンラスの再婚相手のオーラフ・クアラーンを継父としたが，その継父オーラフの他の再婚相手であったゴルムラスと，自らも結婚するというかなり複雑な関係となる．

いずれにせよ，オーラフ・クアラーンの特定できる二人の妻との間には，それぞれ後のダブリン王が誕生していることは確かである．

妻は特定できないが，オーラフ・クアラーンには他にも何人もの子どもがいた．そのうちの一人ラグナル（Ragnal）（980年没）はタラの戦いで殺害された[7)]．

３．アイオナ修道院とオーラフ・クアラーン

ブリテン諸島で最初にヴァイキングの襲撃が記録されたのは，793年のリンディスファーンにおいてであった．修道院や教会が持つ金銀細工の施された宝物を狙ってのことである．リンディスファーン修道院は，もともとアイオナの娘修道院であった．

アイオナも，ブリテン諸島の他の島々とともに，795年に最初の襲撃を受けたと記録される．802年，806年，825年にもノルウェー出身のヴァイキングがアイオナを襲った．806年には68人もの修道士たちが殺害され，825年にも，アイオナ修道院を創建した聖コルンバの聖遺物箱の場所を教えなかった修道士（Bláthmac）が，ヴァイキングに殺害されるという痛ましい出来事があった[8)]．

814年に，アイルランドのケルズに教会が完成し，こうしてコルンバ系修道院の中心が，アイオナからこのケルズに移されることになった．849年には，コルンバの聖遺物が，アイルランドのケルズとスコットランドのダンケルドに分割されることになった．

このようにアイオナは，9世紀に度々ヴァイキングの攻撃を受け，ヴァイキングによって破壊された．

オーラフは，944年頃にキリスト教徒となった．その理由は史料の不在から分からないが，次のように考えられている．ブリテン諸島のヴァイキングは，オーラフの父の代までは「異教徒」であったが，ウェセックス王エドマンドの意向に従って，つまり政治的な理由でかたちだけのキリスト教徒になったのだと．エドマンドとの戦いに敗れ，エドマンドに従属する立場のオーラフは，キリスト教に改宗せざる得なかったのだという解釈である[9)]．

実際に，オーラフは，アイルランドに戻ってから，何度も，時にはアイルランド人の王とともに，アイルランドの主要な教会や修道院を襲っている，964年にはキルデアを攻撃した．967年にはキルデア修道院長を殺害した．970年には，ヴァイキングやレンスターの人々とともにケルズを略奪している．ケルズが位置するレンスター地方の牛を奪い，敵方の数多くの兵士も殺害した[10]．

一方，年代記の記録では，オーラフ・クアラーンは，「ダブリンの異邦人たちの上王」とも称され，最晩年，980年のタラの戦いでの敗北後，アイオナに巡礼し，聖体拝領を受け，悔悛したと伝えられる[11]．年代記の記録からは，オーラフがキリスト教徒としてアイオナで死去したことがうかがえる．遅くとも最晩年には，オーラフは確かにキリスト教徒となっていたと考えられよう．

それでは，なぜ，オーラフは最晩年をアイオナで過ごしたのか．この点に関して，研究者たちの見解を検討していく．

A・ウルフは，以下のように論じる．オーラフに限らず，修道院への略奪行為は，アイルランドでは戦争中は通常のことであった．ウルフは，タラに近いコルンバ系の教会スクリーン（Skreen）（976年にドヴナル・ウア・ニールによって破壊された）や，オーラフ自身も攻撃したケルズを通じて，オーラフが，コルンバのことを知り，後にオーラフ自身が，コルンバが創建したアイオナに巡礼することになったのであろうと推測する．また，ウルフは，オーラフがケルズを攻撃したことによって，コルンバの聖遺物の一部がケルズからアイオナに戻った可能性も指摘する[12]．

C・ダウンナムは，オーラフのアイオナへの巡礼について，当時の中世の統治者たちの間では，巡礼が流行っていたことを指摘する．さらに，アイオナを含むヘブリディーズ諸島などへのヴァイキング定住により，アイオナの宗教生活が縮小され，アイオナでは修道院長が不在の時期もあったが，10世紀後半は，おそらくヴァイキングの改宗者の庇護の下，アイオナは廃墟の状態から復興したのではないかと推測する[13]．

C．ドハティーは，かつてオーラフの祖先たちによって破壊されたアイオナで，オーラフ自身が隠遁生活を送ることになったことを踏まえ，コルンバの教会がヴァイキングたちの改宗に重要な役割を果たした可能性が高いと述べる[14]．

確かに，ダブリンを含むレンスター地方の勢力争いには現地の王たちも加わり，ヴァイキングだけではなく，キリスト教徒のアイルランド人の王たちも修道院や教会を攻撃している．たとえば，969年にもケルズは，オーラフの子シトリックと前述のレンスター王ムルハダ・マク・ブラン・フィン（シトリックの母方の祖父に当たる）によって攻撃されている[15]．

強力な統一王権が存在せず，地方の王やタラ王の勢力争いが絶えないアイルランドに，ノルウェー出身で，イングランド北部のヨーク，スコットランド北部や西部の島々をも支配するヴァイキングの王も加わり，アイルランドにおける群雄割拠状態がさらに混沌としたものになる．それがアイルランドにおけるヴァイキング時代であった．

ウルフが述べるように，たとえ攻撃の対象ではあっても，スクリーンやケルズと関わることによって，オーラフは6世紀の聖人コルンバに触れることになったであろう．筆者は，オーラフが，944年頃にエドマンドよってキリスト教徒に改宗するより前，すでに941年にヨーク王として記録されていることに注目したい．この時，ブリテン島北部の一部の地域を支配していたオーラフは，すでにアイオナやコルンバのことを知っていたのではないだろうか．9世紀前半の度重なるヴァイキングによるアイオナ襲撃についても，「異教徒の襲撃」として記録に残したアイオナやアイルランド側の修道士だけではなく，ヴァイキングの間でも知られていたであろう．

オーラフと同時代を生き，オーラフと戦い，かつ同盟関係も結んだタラ王ドヴナル・ウア・ニールも，最期はアーマーに隠遁し，そこで980年に死去した．彼は24年間，アイルランドを統治したと記される[16]．両者に共通するのは，オーラフもドヴナルも長い間，それぞれダブリン王とタラ王の地位にあったことである．特にオーラフは，ヨーク王の時代から数えると，実に40年間も王の地位にあったことになる．多くの王が戦死したり，暗殺されたりする時代において，おそらくかなり老いてから隠遁し，宗教生活を送って天寿を全うした両王は稀有な存在であったといえよう．

領土や勢力の拡大のために，戦いに明け暮れた当時のアイルランドの統治者たちは，時には教会や修道院を襲ったが，それでも彼らはキリスト教徒であった．天国に入るために，最晩年，自身の行いを悔い改め，宗教生活を希求するということは自然な流れでもあろう．

オーラフは，キリスト教徒として記された最初のダブリン王である．つまり，アイルランドでは，最初のキリスト教徒のヴァイキングの王である．オーラフが洗礼を受けた当初から敬虔なキリスト教徒であったのか否か，同時代の史料がないので知る由もない．しかし，最晩年には，キリスト教徒として，名高い聖人コルンバが創建したアイオナでの宗教生活を心から願ったのであろう．先に，アイルランドの守護聖人パトリックゆかりの地アーマーでの宗教生活に入ったドヴナルの影響も受けたのかもしれない．

アイオナについても，ダウンナムやドハティーが指摘する通り，10世紀後半の当時，復興過程にあり，かつて襲撃したヴァイキングが，今度は支援者に回ったり，アイオナがヴァイキングの改宗を促進したりしたということも考えられよう．アイオナとヴァイキングとの新たな関係が築かれる時代であり，その象徴となる出来事が，ヴァイキングのダブリン王オーラフ・クアラーンのアイオナでの隠遁生活であったといえよう．

おわりに

本稿では，オーラフ・クアラーンとその時代のアイルランドについて，アイオナとの関係を交えて考察した．

オーラフ・クアラーンは，血筋の上では，ヴァイキングの父とイングランド王家出身の母を両親に持つ人物であった．しかし，おそらく人生の大半をアイルランドで過ごしたであろうし，少なくとも二人の高貴な生まれのアイルランド人女性を妻とした．オーラフの子どものうち何人かにはアイルランド語の名前が付けられた．それゆえウルフのように，オーラフは，「異邦人」であると同時に，「アイルランド人」でもあったと見なす研究者もいる[17)]。

確かにオーラフ・クアラーンは，キリスト教徒となり，アイオナで隠遁生活を送り，そこで死去したことから，これまでのダブリン王とは一線を画する．オーラフ自身に「アイルランド人」としての自覚があったかどうかは定かではないが，「キリスト教徒」として，妻やその家族と接することで，また周囲のアイルランド人の王たちと戦ったり，同盟関係を築いたりすることで，よりアイルランドに同化していったであろう．その度合いは，これまでのダブリン王よりも強かったのではないだろうか．そして、オーラフは，アイルランド語を話せたのではないか．

アイルランド人の王たちにとっても，キリスト教徒であるダブリン王は，オーラフの父シトリックを含むこれまでのダブリン王よりも，近しく感じられたであろう．

12世紀後半からアイルランドは，イングランド人の侵入に悩まされることになるが，そのイングランド人たちの領主も，アイルランドの王家の娘と結婚し，アイルランド語を話し，アイルランドの慣習に染まり，自分の子どもたちにアイルランド人の名前を付けるようになっていった．

ヴァイキング時代と似たようなことが，後に繰り返されることになるのだ．

イングランド人の侵入者たちは，すでに，イングランド，ウェールズ，フランスに土地を所有する領主たちであった．オーラフたちヴァイキングの王も，ブリテン島北部にも領地を持っていた．

一般的に，ヴァイキングは，アイルランドに都市，貨幣経済，海軍などをもたらし，ヴァイキングとアイルランド人たちとの間には，美術工芸品や文学作品などを通して豊かな文化交流もあったとされている．

オーラフ・クアラーンのような，キリスト教徒となったダブリン王の出現や存在が，上記のような，アイルランドがより発展するための契機となったであろう．アイルランドで最初に硬貨を鋳造させたのは，オーラフの子のシトリックであった[18)]．

オーラフ亡き後，子供たちの世代の動きも活発である．

その中でも，1042年に死去したシトリックは，47年間もダブリン王の地位にあり，父オーラフよりも統治期間が長い．この時代は，シトリックの（母親の再婚による）継父であり，妻の父親でもあるブリアン・ボールヴァが，アイルランド全土を支配下に置くべく奮闘した時代でもある．ブリアンの戦いに，親族であるシトリック，さらには，タラの戦いでオーラフを破ったマイル・シェフニル・マク・ドヴナルも絡み，またしても権力闘争が展開されていく．

ブリアン・ボールヴァは，1014年のクロンターフの戦いで死去する．クロンターフの戦いは，アイルランドの歴史において重要な転換点となる．

今後は，オーラフ・クアラーンの次世代，すなわち子のシトリック，マイル・シェフニル，ブリアン・ボールヴァの時代について考察していきたい．

注

1) この時代の主要な史料は，年代記となる．断片的な記録しか残されていないので，詳細をたどることは難しい．Séan Mac Airt and Gearóid Mac Niocaill (eds.& trans.), *Annals of Ulster (to A.D.1131)* (Dublin: Dublin Institute for Advanced Studies, 1983)（以下 *AU* と略す），*AU* 795. 3. 年代記史料に関してはネット検索も可能である（CELT: The Online Resource for Irish history, literature and politics. https://celt.ucc.ie/index.html）.

2) 田中美穂「中世アイルランドにおける『ネイション』意識」（法政大学比較経済研究所／後藤浩子編『アイルランドの経験――植民・ナショナリズム・国際統合』法政大学出版局，2009 年），pp. 6-7, 12-14.

3) ヴァイキング期アイルランドに関する邦文研究として，田中美穂「アイルランドとヴァイキング」（東北学院大学オープン・リサーチ・センター『ヨーロピアン・グローバリゼーションと諸文化圏の変容　研究プロジェクト報告書Ⅲ』，2010年），pp. 100-110；ウェンディ・デイヴィス［編］／鶴島博和［日本語版監修・監訳］『オックスフォード　ブリテン諸島の歴史３　ヴァイキングからノルマン人へ』（慶応義塾大学出版会，2015年）.

4) 古ノルド語では，‘Óláfr Sigtryggsson’などとも表記される．「(父）シトリック（Sitriuc / Sigtryggr）の息子オーラフ」の意味となる．

5) オーラフ・クアラーンの生涯に関する主な先行研究は，Bart Jaski, The Vikings and the Kingship of Tara, *Peritia* , 9 (1995), pp. 332-348; Charles Doherty, The Vikings in Ireland, in Howard B. Clarke, Máire Ní Mhaonaigh and Raghnal Ó Floinn (eds.), *Ireland and Scandinavia in the early Viking age* (Dublin: Four Courts Press, 1998), pp. 295-305; Donnchadh Ó Corráin, The Vikings in Scotland and Ireland in the Ninth Century, *Peritia* , 12 (1998), pp. 307, 317; D. Ó Corráin, The Vikings in Ireland, in Anne-Christine Larsen (ed.), *The Vikings in Ireland* (Roskilde: The Viking Ship Museum, 2001), pp. 18-24; Alex Woolf,

‘Amlaíb Cuarán and the Gael, 941-81’, *Medieval Dublin*, 3 (2002), pp. 34-43; A. Woolf, ‘Amlaíb Cuarán (Ólafr Kvaran)’, in Séan Duffy (ed.), *Medieval Ireland: An Encyclopedia* (New York and London: Routledge, 2005), pp. 14-15; Clare Downham, *Viking Kings of Britain and Ireland: The Dynasty of Ívarr to A.D. 1014* (Edinburgh: Dunedin, 2007), pp. 43-54, 107-115, 190-193, 241-243; Darren McGettigan, ‘AMLAÍB (Óláfr) CUARÁN (d.981) ’, in James McGuire and James Quinn (eds.), *Dictionary of Irish Biography: from the earliest times to the year 2002 (under the auspices of the Royal Irish Academy)* (Cambridge: Cambridge University Press, 2009)（以下 *DIB* と略す）, vol. 1, pp. 97-98.

ちなみに，オーラフの時代には，もはやこのダブリン王とノルウェーとの直接的なつながりはなかったと考えられている. Ó Corráin, The Vikings in Scotland and Ireland in the Ninth Century, p. 317.

6) John Maas, The Viking events of AD 902-19 and the Lough Ennell hoards, in Emer Purcell, Paul MacCotter, Jullianne Nyhan and John Sheehan (eds.), *Clerics, Kings and Vikings: Essays on Medieval Ireland in Honouur of Donnchadh Ó Corráin* (Dublin: Four Courts Press, 2015), p. 261.

7) Ó Corráin, The Vikings in Ireland, pp. 19, 26; Woolf, ‘Amlaíb Cuarán and the Gael, 941-81’, pp. 40-41; Ailbhe Mac Shamhráin, ‘GORMLAITH (d.1030) ’, in *DIB* , vol. 4, pp. 158-159.

8) S. Mac Airt (ed.), *The Annals of Inisfallen* (Dublin, 1951), 795.2; *AU* 795.3, 802.9, 806.8, 825.17.

9) Woolf, ‘Amlaíb Cuarán (Ólafr Kvaran)’, p. 14; McGettigan, ‘AMLAÍB (Óláfr) CUARÁN (d.981) ’, p. 97.

10) William M. Hennessy (ed. & trans.), *Chronicum Scotorum: A Chronicle of Irish Affairs from the Earliest Times to A. D. 1135* (London, 1866)（以下 *CS* と略す）, 964, 970; John O’Donovan (ed. & trans.), *Annála Ríoghachta Éireann: Annals of the Kingdom of Ireland by the Four Masters* , 7 vols (Dublin: Hodges and Smith, 1851; rep. New York: AMS Press, 1966)（以下 *AFM* と略す）, 965(=967). 9, 968(=970). 2; *AU* 964.6, 970.1.

11) Denis Murphy (ed.), *The Annals of Clonmacnoise*, (Dublin: Royal Society of Antiquaries of Ireland, 1896; rep. Felinfach: Llanerch, 1993), 974(=980); *AFM* 978(=980). 3, 979(=980).5; Whitley Stokes, (ed. & trans.), Annals of Tigernach, *Revue Celtique*, 16(1895), pp. 374-419; 17(1896), pp. 6-33, 119-263, 337-420; 18(1897), pp. 9-59, 150-197, 267-303, 980.6; *CS* 980.

12) Woolf, ‘Amlaíb Cuarán and the Gael, 941-81’, pp. 42-43.

13) Downham, *Viking Kings of Britain and Ireland*, pp. 52, 190-191.

14) C. Doherty, The Vikings Impact upon Ireland, in Larsen (ed.), *The Vikings in Ireland* , p. 35.

15) *AFM* 967(=969). 17.

16) *AU* 980. 2; *AFM* 978(=980). 4.

17) Woolf, ‘Amlaíb Cuarán and the Gael, 941-81’, p. 43; Woolf, ‘Amlaíb Cuarán (Ólafr Kvaran)’, p. 15.

18) H. B. Clarke, ‘SITRIUC SILKBEARD (Sitric, Sigtryggr Ólafsson Silkiskeggi) (d. 1042)’ in *DIB* , vol. 8, p. 975.

（2025.10.6受付）

（教育研究報告）

教室内英会話活動における中学生のやり取りと気づきの変化

川野　泰崇

一般科文系

本研究では，中学生の英会話活動におけるやり取りと，活動後の振り返りに見られる気づきの変化を明らかにし，円滑なコミュニケーションに向けた指導の方向性を探った．ペア会話の録画データ（全4回）および振り返りデータ（全19回）を収集し，前者は会話管理や発話機能の観点から，後者はテキストマイニングを通じて時期別の気づきの変化を分析した．会話データでは多くの項目で有意な変化が確認され，振り返りの記述にもパフォーマンスと呼応する意識の変容が見られた．これらの結果から，生徒の会話パフォーマンスと気づきの間に一定の関連性があることが示唆された．

キーワード：やり取り，英会話活動，会話管理，発話機能，気づき

１．研究目的

現行の学習指導要領では，小・中・高等学校を通じて，言語活動の拡充と高度化が推し進められている．特に中学校段階では，小学校および高等学校との接続を図りつつ，自分の考えや気持ちを伝え合う対話的な言語活動を重視することが求められている．一方で，令和5年度における全国学力・学習状況調査では，「話すこと」の中で即興でのやり取りを測る問題において平均正答率が14.5%と顕著に低いことが明らかとなった（国立教育政策研究所, 2023）．

こうした背景から，「話すこと」の中でも特にやり取りに関する指導と評価は，現在大きな関心を集めている．しかし，既存の研究は，授業実践事例や学習到達度の把握にとどまるものが多く，やり取り能力やそれに対する学習者の意識変化については十分に解明されていない．そこで本研究では，中学生の英会話活動を縦断的に観察し，そのやり取りの変容を明らかにすることで，今後の指導の在り方を検討することを目的とする．

２．先行研究

日常会話におけるやり取りは，発音・語彙・文法といった言語要素を機械的に操作するだけの行為ではない．そのため語彙力や文法力が高い学習者であっても，必ずしも円滑なやり取りができるとは限らない．事実，Iwata（2010）は，日本人英語学習者が英語母語話者との会話において高い語学力を有していたにもかかわらず，受動的な聞き手役に終始していたと報告している．

そもそもやり取りとは，社会的アイデンティティや対人関係の構築を目的とし，共有された会話構造の中で意味交渉を行う行為である（Eggins & Slade, 1997）．このようなやり取りを可能にするには，文脈の中で会話がどのように展開するか，会話の構造や特徴を理解しておく必要がある（e.g., メイナード，1992; Bakhtin, 1986; Celce-Murcia, 2008; Hall, 1993, 1999）．

日英対照会話分析により，日本語と英語では会話スタイルに明確な違いがあることが示されている．日本語母語話者と英語母語話者の会話スタイルの違いについて，メイナード（1992）は日米対照会話分析において，日本語は「共話的」な会話，英語は「対話的」な会話を重視する傾向があると指摘している．すなわち，日本語では相手の感情への配慮が重視される一方，英語では自分の考えを明確に伝えることが重視される．メイナードは，両言語における会話スタイルの一般的な特徴を理解することの重要性を強調している．

Asai & Barnlund（1998）の研究では，日本人はアメリカ人と比較して自己認知度が低く，そのため自己開示が少なく，内容も浅い傾向があると報告されている．

また，津田・村田・大谷・岩田・重光・大塚（2015）は，日英語の対照談話分析を行い，三者以上の初対面における会話（英語母語話者間，日本語母語話者間，英語による異文化間会話，日本語による異文化間会話）のデータとフォローアップ・インタビューを比較分析した．表1は，同研究の結果を筆者が要約したものである．

津田らは，母語話者の特徴を一般化することについて慎

重な姿勢を示しつつも，その傾向を教室内で積極的に指導しなければ，実践的なやり取りは困難であると主張している．

表１　津田らによる日・英語談話スタイルの特徴

項目	英語母語話者	日本語母語話者
会話認識	意見や気持ちを共有しあう場	（不明）
自己開示	積極的	消極的
応答要求	情報授受のための情報要求と応答が多い	他の参加者との関係性を配慮した同意や理解確認が多い
他者修復	少ない	多い
あいづち	少ない	多い
話題展開	1つの話題を深掘りする	複数の話題を短く展開
ターン数	少ない	多い
1ターンあたりの発話量	多い	少ない

英語圏の人々と円滑にやり取りを行うためには，流暢さや正確さの習得だけでなく，異文化理解の一環として両言語におけるやり取りの特徴を理解し，相手の会話スタイルに柔軟に対応できるよう意識づけを行う必要があると筆者は考える．

やり取りの習得に関して，Hall（1993, 1999）は，学習者同士がやり取りを繰り返す過程で，上手な話し手のやり取りを観察・分析し，その理解を深めることで，徐々に適切なやり取りができるようになると述べている．また，やり取り能力の向上には，練習の場を設けるだけでは不十分である．学習者に目標言語におけるやり取りの特徴への気づきを促す指導が必要だとHallは指摘している．

一方，Young（2009）は，教室外のやり取りは，教師や教材がいくらその状況を授業内で模倣しようとしても，「教室」という場の特有の文脈が影響するため，完全には再現できないと指摘し，指導には限界があると述べている．その上で，教師は学習者に対し，教室外でのやり取りや，目標言語が使われる社会的文脈の中で，他者とどのように関わり自己を形成していきたいか，自覚を促すことが重要だと述べている．

Hall（1993, 1999）は「練習と気づき」がやり取り能力を促進するとし，Young（2009）は「教室には限界がある」と論じる．両者の対立的な見解は，EFL環境における指導の可能性と限界をどのように捉えるかという根本的な問いにつながる．果たして教室での取り組みは，学習者のやり取り能力を実際にどの側面で変化させるのか．本研究は，以下の3つの問いを通してその実態を明らかにすることを目的とする．

Research Question (以下RQ)

RQ（1）: 英会話演習を通じて会話管理に関わる諸項目（トピック数，1トピックあたりの発話語数，沈黙時間，沈黙回数，1回あたりの沈黙時間，ターン数，総発話語数，1ターンあたりの発話語数）に変化は見られるか．

RQ（2）: 生徒の発話を発話カテゴリー別（自己開示，情報要求，情報提供，意味交渉，共有表明）に分類した場合，やり取りの特徴に変化は見られるか．

RQ（3）: 英語会話活動後の振り返りにおいて，生徒の気づきに変化は見られるか．

３．研究方法

3.1 調査対象者と指導期間

本調査は、中学2年生73名を対象に、1年4か月にわたり計15回（各50分）の英会話演習を実施した．そのうち、クラス替えの影響を受けず、継続して同一ペアで参加した34名を分析対象とした．

調査開始以前の授業では、暗唱や音読活動が中心であり、「やり取り」といっても教科書の内容に基づく英問英答を教師と生徒が短いターンで交わす程度にとどまっていた．そのため、多くの生徒にとって「やり取り」活動は不慣れであり、調査開始時点での英語力も概ね英検4級程度であった．

3.2 英会話演習の概要

英会話演習1回分の手順は以下の通りである．授業時間50分を全て用いて実施し、この演習を計15回行った．なお、この演習の設計にあたっては、Hall（1993, 1999）が指摘する「やり取り能力の向上には気づきを促す指導が必要である」という観点を参考にしている．

(1) 自己目標の設定（5分） 授業冒頭に自作のチェックリスト形式のワークシートを配布し，生徒が「話し手」と「聞き手」の両方の立場から，会話参与の目標を設定できるようにした．ワークシートの項目は，双方向的なやり取りや話題の深掘りを促すことを目的に難易度順に並べられている（付録1参照）．
(2) 会話練習（25分） まず，生徒は2人1組のペアを組み，設定された話題について制限時間内で会話を行った．会話終了後には相手を替え，この手順を3～5回繰り返した．会話時間は1回目2分から始め，2回目は2分30秒と，回数を重ねるごとに徐々に延長した．なお，教師は机間巡視しながら適宜フィードバックや言語的支援を行った．
(3) 発表（15分） 練習後，無作為に選んだペアにやり取りを発表させた．フィードバックでは，語彙・文法・発音といった言語面ではなく，やり取りの進め方に着目して優れた点や改善点を全

体で共有した．その際，先行研究で示されたやり取りの特徴を具体例とともに紹介しながら，学習者自身が「やり取り」に対する気づきを高められるように指導を行った．
(4) 振り返り（5分） 最後に，生徒は「できたこと」「苦労したこと」「次にがんばりたいこと」の3点について自己のパフォーマンスを振り返り，ワークシートに記述して提出した．

3.3 調査方法

RQ（1）の会話管理およびRQ（2）の発話機能における変化を検証するため，表2に示すREC I～REC IVにおいて，生徒のやり取りの様子をビデオに録画した．録画は2人1組のペアを教室外（廊下または別室）に呼び出し，指定されたトピックについて4分間会話を行わせる形式で実施した．なお、会話の相手が変わることでやり取りの様子に影響が及ぶのを避けるため、REC I～REC IVを通して同一ペアに固定して実施した．

やり取りは，会話の参加者だけでなく，その場にいる傍観者の存在からも影響を受ける可能性があるとされている（Bell, 1984; Young, 2009）．この点に配慮して教員は録画操作時を除き，生徒の視界に入らない位置でタイムキーパーを務め，やり取りへの影響を最小限に抑えた．

さらに，トピックの親密度や抽象度がパフォーマンスに与える影響を最小限に抑えるため，各回で使用するトピックは，表2に示すように同一または類似の内容で，背景知識を必要としない身近な話題に統一した．

表2　会話演習および録画時のスピーキングトピック一覧

実施回	スピーキングトピック
REC I	What did you do this summer vacation?　（録画）
第1回	USJ vs. TDR
第2回	Local Theme Parks vs. Major Theme Parks
第3回	Traveling Abroad
第4回	Places for School Trip
第5回	Attractive Sightseeing Spots: Hiroshima or Okinawa
第6回	Better Place for School Trip: Okinawa or Tokyo?
REC II	What will you do this winter vacation?（録画）
第7回	Winter Vacation and New Year’s Resolution
第8回	Bringing Smartphones to School
第9回	Men’s life and Women’s life in Japan
REC III	What did you do this summer vacation?（録画）
第10回	No-homework Policy
第11回	Students’ Volunteer Work for the Tokyo Olympics
第12回	Elderly Drivers Car Accidents and their Licenses
第13回	Learning a Foreign Language: English or what?
第14回	Twenty-four-hour Stores and Restaurants: Good or Bad?
第15回	Owning Personal Computers at School: Good or Bad?
REC IV	What will you do this spring vacation?（録画）

3.3.1 会話管理

録画したやり取りはすべて文字起こしして，うなずきや首振りなど，相手の発言に対する非言語的応答が確認された場合は，それらもスクリプトに付記した．発言または非言語的応答が3秒以上途切れた場合は「沈黙」と判断し，その開始から終了までの時間を計測して，秒単位（小数点以下切り捨て）で記録した．

トピック数のカウントは，前の話題との関連性が低い完全に新規の話題が登場した場合を1カウントとした．また，発話語数の集計にあたっては，同一語句の繰り返しや途中での言い直しもすべて含めて計上した．

3.3.2 発話機能

各発話に込められた意図を把握するために，柳田（2015）が接触場面のやり取りに基づいて示した4つの発話カテゴリー（情報要求，情報提供，共有表明，意味交渉）および14の発話機能を参考にした．これらのカテゴリーは，一二三（2002）の分類を基に，柳田が一部修正を加えたものである．本研究では，これに加えてAsai & Barnlund（1998）や津田ら（2015）が取り上げた「自己開示」を新たに追加し，その下位区分として安藤（1986），熊野（2002）の研究を参照して「自発的自己開示」「返報型自己開示」「質問応答型自己開示」の3項目を設けた．以上を踏まえて，本研究では表3に示すような発話カテゴリーを構築した．

表 3　加筆版発話カテゴリー

発話カテゴリー		発話機能
情報の共有	自己開示	① 自発的自己開示
		② 返報型自己開示
		③ 質問応答型自己開示
	情報要求	④ 情報要求
	情報提供	⑤ 情報提供
	共有表明	⑥ あいづち
		⑦ 理解表明
	意味交渉	⑧ 訂正
		⑨ 共同発話
		⑩ 確認チェック
		⑪ 明確化要求
		⑫ 承認
		⑬ 否認
		⑭ 理解チェック
		⑮ 自己発話の修正
		⑯ 反応要求
		⑰ 発話遂行困難表明

なお,「自己開示」と「情報提供」は内容的に類似しているが, 本研究では自己開示は話し手が自身の個人的な情報や感情を伝える行為であるのに対し, 情報提供は個人的な要素を含まない, 一般的な事実やニュースなどを相手に伝える行為と定義して区別を行っている.

発話機能別の説明は以下の通りである. なお、具体例はいずれも実際の生徒の発話から引用しており, 下線部が該当する発話機能を示している.

①　自発的自己開示

話し手が自分や家族について自発的に語る発話.

生徒１：I like Nishikawa in Hiroshima Carp.

生徒２：Oh. Do you watching… watch Koshi-en?

②　返報型自己開示

相手の自己開示に関連付けて, 自分のことを相手に述べる発話.

生徒１：　Science is…very easy.

生徒２：　Oh, I think science is very interesting.

③　質問応答型自己開示

相手からの個人的な質問に応答して, 自己情報を提供する発話.

生徒１：　Ah…when did you start ski?

生徒２：　I'm three years old.

④　情報要求

相手にトピック関連の情報を求める発話.

生徒１：　And…my…I watched movie.

生徒２：　What kind did you see?

⑤　情報提供

トピックに関する知識や一般的事実を伝える発話.

生徒１：　I want to go to… Iwate.

生徒２：　Why? Iwate is very…near Hokkaido.

⑥　あいづち

”Really?”, “I see.”, “OK.”, “Yeah.”など, 理解や会話への参加を示す発話.

⑦　理解表明

あいづち以外の形式で, 相手の発話が理解できたことを積極的に知らせて安心感を与える発話.

生徒１：　He is famous DJ.

生徒２：　Ah, DJ.

⑧　訂正

言葉遣いや内容に関して相手の間違いを修正する発話.

生徒１：　I will go to Italia.

生徒２：　Ita…Italy!

⑨　共同発話

相手が言葉を探している際に聞き手が補い、発話を完成させる発話.

生徒１：　I…don't…decide in spring vacation, but I want to…

生徒２：　Study?

生徒１：　Yeah. For high school.

⑩　確認チェック

相手の発話を正しく理解できているか聞き手が話し手に確認する発話.

生徒１：　Will you go to… will you go to USJ?

生徒２：　No.

生徒１：　No?（聞き間違えていないか確認）

⑪　明確化要求

話し手の発話が聞き取れなかったり理解できなかったりしたときに, 相手に発話を要求する発話. 確認チェックと異なり, 明確化要求では, 聞き手は相手の発言を理解せぬまま話し手に発話を要求する.

生徒１：　Do you…Where did you go to it?

生徒２：　Sorry, one more please?

生徒１：　Where…where do you go to it?

⑫　承認

聞き手からの推測や問いかけに対して話し手が肯定的返答を与える発話. 聞き手の確認チェックに対してよく用いられる.

生徒１：　I play boardgames.

生徒２：　Boardgame?

生徒１：　Yes.

⑬　否認

聞き手からの推測や問いかけに対して話し手が否定的返答を与える発話. 聞き手の確認チェックや共同発話に対してよく用いられる.

生徒１：　I will go Akiyoshido or Kagekiyodo.

生徒２：　Is it a temple?

生徒１：　No.

⑭　理解チェック

自分の発話がきちんと理解されているか話し手が聞き手に確認する発話.

生徒１：　Ah for example… Lives Out. Do you know Lives Out?

生徒２：　I don't know.

⑮　自己発話の修正

相手の理解を促進するために，言い換え・要約・説明を行う発話.

生徒１：　I saw two bears.
生徒２：　Zoo bears?
生徒１：　I saw two bears in the road.

⑯　反応要求

話し手が自分の発話に対して聞き手の反応を促す発話. 該当箇所を上昇イントネーションで発話することにより、相手に言語的または非言語的な反応を求めている.

生徒１：　My…my best song…like song is… Sharuru?
生徒２：　Yeah. I know that, too.

⑰　発話遂行困難表明

適切な語彙や表現が見つからないときに，発話の遂行が困難であることを表明する発話.

生徒１：　They are… ah…what...oh…I can't…I can't …I can't tell about it well.
生徒２：　Oh, OK.

以上の発話機能および発話カテゴリーごとに出現頻度をカウントし，総計を算出した．なお，一つの発話が複数の発話機能に該当する場合は，それぞれの機能に1回ずつ重複してカウントした．たとえば，“Is it…Was it fun?”のような発話は，「自己発話の修正」と「情報要求」の両方に該当するため，両項目に1回ずつ計上した.

3.3.3 振り返り

会話パフォーマンスとは別に，本研究では，全15回の会話演習および4回の録画撮影後に，生徒が自己のパフォーマンスを内省し，気づきをワークシートに記入・提出するよう指導した．この計19回分の振り返りデータを，RQ (3)「生徒の気づきの変容」の分析対象とした．データは6~7回ごとに三期（Self　Reflection : 以下SR1（初期），SR2（注記），SR3（後期））に分割し，テキストマイニングツール「KH Coder 3」を用いて分析を行った.

まず，各期のワークシート記述から頻出語を自動抽出し，内容に応じて複数のカテゴリーに分類した上で，各項目の出現頻度を集計した．これにより，時期ごとの変化を比較し，生徒の英語会話に対する認識や意識がどのように変容したかを検証した.

４．結果と考察

4.1 会話管理の変容

分析対象は、指導を行った73名のうち、同一ペアでのやり取りデータが継続的に収集できた34名である．会話管理を構成する諸項目について，時期ごとの変化を検証するため，反復測定一元配置分散分析を行った．事前にモークリーの球面性検定を実施し，等分散性が認められない場合は，グリーンハウス・ガイサーによる調整済みのF値と有意確率を参照した．有意な主効果が認められた項目については，Holm法による多重比較を行った（表4参照）.

その結果，トピック数・1回あたりの沈黙時間・1ターンあたりの発話語数を除く5項目で有意差が見られた．また，多重比較の結果から、変化が比較的短期間で現れる項目と、長期的な取り組みを経てようやく変化が生じる項目があることが明らかになった.

表 4　会話管理項目における時期別の平均値±標準偏差と分散分析の結果

	REC I	REC II	REC III	REC IV	分散分析		多重比較	
					F 値	*p* 値	群間差	*Pholm*
トピック数（個）	3.06 ±1.52	3.06 ±0.66	2.59 ±0.71	2.77 ±1.25	0.69	.56	—	—
1 トピックあたりの発話語数（語）	45.83 ±17.39	49.59 ±14.38	72.72 ±61.09	82.66 ±39.45	4.30	＜.05	REC I ＜ REC IV REC II ＜ REC IV	＜.01 ＜.05
沈黙回数（回）	7.77 ±3.70	4.41 ±2.45	5.88 ±3.35	3.24 ±1.52	10.36	＜.001	REC I ＞ REC II REC I ＞ REC IV REC III ＞ REC IV	＜.01 ＜.001 ＜.05
沈黙時間（秒）	74.59 ±42.30	50.35 ±34.42	52.53 ±27.81	28.47 ±15.20	9.66	＜.001	REC I ＞ REC II REC I ＞ REC III REC I ＞ REC IV REC II ＞ REC IV REC III ＞ REC IV	＜.05 ＜.05 ＜.001 ＜.05 ＜.05
1 回あたりの沈黙時間（秒）	9.95 ±4.40	10.33 ±5.01	8.20 ±3.76	8.42 ±3.48	2.08	.12	—	—
ターン数（回）	8.82 ±2.79	11.32 ±5.24	12.41 ±6.32	12.27 ±5.05	9.79	＜.001	REC I ＜ REC II REC I ＜ REC III REC I ＜ REC IV	＜.01 ＜.001 ＜.001
発話語数（語）	62.18 ±23.92	74.29 ±27.66	78.77 ±34.67	95.47 ±29.48	19.55	＜.001	REC I ＜ REC II REC I ＜ REC III REC I ＜ REC IV REC II ＜ REC IV REC III ＜ REC IV	＜.05 ＜.01 ＜.001 ＜.001 ＜.01
1 ターンあたりの発話語数（語）	7.47 ±3.02	7.21 ±3.21	7.16 ±3.29	8.82 ±4.05	2.63	.05	—	—

短期間で変化が見られたのは，ターン数，沈黙回数，沈黙時間，発話語数である．REC Iでは，多くの生徒が質問役・回答役という役割を固定し，インタビュー形式の一方向的なやり取りに終始していた．質問役は相手の発話に耳を傾けるものの，自ら積極的にターンを取ることはなく，回答役も最小限の応答の後に発話を止め，次の質問を待つ受け身の姿勢を取る傾向が見られた．そのため，ターン数は少なく，沈黙回数は多くなる傾向にあった．REC II以降では，このような一方向的なやり取りから，より双方向的なやり取りへと変化が見られた．その結果，ターン数，沈黙回数，沈黙時間，発話語数において有意な変化が生じたと考えられる．

沈黙回数および沈黙時間は，時期の進行に伴い有意に減少する傾向を示した．沈黙が減ることで，発話の機会が増え，それに伴い発話語数もREC I×REC IIIを除いて有意に増加していた．一方，ターン数については初期段階で増加が見られたものの，その後は横ばいで推移した．

沈黙回数や沈黙時間の減少，発話語数の増加は，会話が活性化していることを示す指標といえる．一方で，ターン数については必ずしも多ければ良いというわけではない．津田ら（2015）は，英語母語話者は日本語母語話者に比べてターン数が少なく，1ターンあたりの発話語数が多い傾向にあると報告している．ターンの適切な数は一概に基準を定めることはできないが，教室においては，生徒が積極的にターンテイキングを行うようになった段階で，次のステップとして「1回のターンでどれだけ十分な情報を伝えられているか」に意識を向けさせることが重要である．

しかしながら，本研究においては，1ターンあたりの発話語数に有意な変化は見られなかった．REC IからREC IVまでの平均は7～8語であり，英文にするとほぼ1文程度にとどまっている．やり取りの様子を観察すると，聞き手役の生徒が “I see.” や “Ah.” といった短い相づちや理解表明を頻繁に挟んでおり，これが1ターンあたりの語数を下げる一因となっていると考えられる．

相づちや理解表明は，相手の発言に注意を向け，話題を追っていることを示す重要な応答であり，話し手に安心感を与えるとともに，会話を継続させ，沈黙を回避する効果がある．ただし，英語母語者同士のやり取りにおいては，相づちや理解表明にとどまらず，コメントや質問，自己開示などを加えて，より能動的に会話に参与するスタイルが好まれる．こうした会話スタイルには即時的かつ高度な言語処理能力が求められるため，生徒の発話内容に質的な変化をもたらすには，さらに長期的な取り組みと，意図的・重点的な指導が必要であると考えられる．

津田ら（2015）は，1会話あたりのトピック数について，英語母語話者の方が日本語母語話者よりも少なかったと報告している．本研究では，トピック数そのものには有意な変化は見られなかったものの，1トピックあたりの発話語数に着目すると，REC I×REC IV および REC II×REC IV の間で有意差が確認された．このことから，初期段階では変化は見られないものの，長期的な取り組みにより，1つの話題をより深く掘り下げて話せるようになる傾向が示唆される．

また，沈黙の回数と時間は，聞き手の参与の仕方によってある程度減少することが分かったが，1回あたりの沈黙時間については有意な変化が見られなかった．生徒同士のやり取りにおいて沈黙が生じる原因には大きく2つある．1つは，話し手がターンを譲ろうと牽制することで生じるものであり，もう1つは，話し手がターンを維持しつつも言語面・内容面・音声面でのつまずきによって発話が一時中断されるものである．

前者の牽制による沈黙は，聞き手が相づちや質問などを積極的に挿入することで解消されやすい．また，話し手も応答後すぐにターンを手放さず，自己開示や補足説明を加えるなどして発話を継続することで，牽制による沈黙を防ぐ傾向がある．本研究でも実際に話し手・聞き手が双方向的にターンテイキングを行う様子が確認され，そのことが沈黙の回数と総時間の現象につながったと考えられる．

一方、後者の「保持による沈黙」は、話し手がターンを占有しているため、聞き手が途中で割って入ることが難しい．このため沈黙は残存し、結果として1回あたりの沈黙時間には有意な減少が見られなかったと考えられる．

話し手が発話途中で沈黙するのは、「内容想起 → 言語化 → 音声化」という言語産出処理過程のいずれかでつまずきが生じていることが原因と推測される．この処理が円滑に進むようになれば、こうした沈黙は自然に減少すると期待されるため、流暢さの育成に重点を置いた長期的かつ継続的な指導が必要である．

ただし、流暢さの育成はあくまで長期的目標であり、短期的な解決策としては、共同発話や発話遂行困難表明を積極的に促すことに加え、発話が著しく停滞する場面では部分的に母語の使用を認めることも有効である．母語の限定的活用は、沈黙の頻度や時間を大幅に軽減し、限られた授業時間内でやり取りを合理的かつ効率的に継続させるための実践的な支援策となる．さらに、母語で補った箇所については、活動後に改めて「どのように英語で表現できたか」を確認する機会を設けることが重要である．これにより、短期的には沈黙を回避しつつ、長期的には目標言語での発話力向上へとつなげることができる．

4.2 発話機能の変容

発話機能別の出現頻度を確認したところ、極めて頻度が低く、床効果が生じる可能性のある項目が多数見られた（付録2参照）．そこで、本研究では、自己開示、情報要求、情報提供、共有表明、意味交渉の5つの発話カテゴリーに統合し、その頻度を時期別に比較した．分析対象は、指導を行った73名のうち、同一ペアでのやり取りデータが継続的に収集できた34名である．分析には、反復測定一元配置

分散分析を用い、等分散性が認められない場合にはグリーンハウス・ガイサーによる調整済みのF値と有意確率を参照し、有意な主効果が確認された場合にはHolm法による多重比較を行った.

表5が示す通り，自己開示，共有表明，意味交渉の3つの発話カテゴリーで有意差が見られた．ただし，自己開示については，分散分析では有意差が確認されたものの，事後の多重比較では有意差が認められなかった．この点について，橋本・村井（2015）は，比較水準の数や検定方法によってこの現象が生じる可能性をシミュレーションで示しており，分散分析と多重比較は独立した検定であるために起こり得ると説明している．本研究の結果も同様の統計的特性によるものと考えられる.

そのため，自己開示に限り下位項目の発話機能ごとに再度分析を行った．表6の結果，自発的自己開示では REC I × REC III，REC I × REC IV，REC II × REC III，REC II × REC IV の間で有意差が見られたが，返報型自己開示および質問応答型自己開示では有意差は認められなかった.

さらに録画データを分析したところ，REC IおよびREC IIでは「（聞き手）質問 →（話し手）応答」という一方向的なやり取りが多く見られた．これに対し，REC IIIおよびREC IVでは「（聞き手）質問 →（話し手）応答 →（聞き手）あいづち・理解表明 →（話し手）発話継続」という循環的なパターンへと変化していた．聞き手の応答スタイルの変化が，話し手にターンを維持する機会を与え，結果として，自発的自己開示の増加につながったと考えられる.

一方，返報型自己開示および質問応答型自己開示については，有意な変化は確認されなかった．平均頻度を比較すると，返報型自己開示の出現率が著しく低い傾向が見られた．返報型自己開示とは，聞き手が相手の発言を自身の経験や意見と結びつけて応答することで，話し手のさらなる自己開示を引き出し，より深い内容の会話を促す効果が期待される発話である．しかし，このような応答には，前節で述べた高度な言語産出処理の迅速化が不可欠であり，中学生にとっては習得が容易でないことが示唆される．そのため，今後はより長期的な実践と観察を通じて，返報型自己開示の変化とその指導効果を検証していく必要がある.

多重比較の結果，有意な変化が見られた発話カテゴリーは共有表明と意味交渉であった（表5参照）.

共有表明は，あいづちと理解表明から構成され，定型化された表現が用いられることが多い．本研究では，REC IV になって初めて有意な増加が確認された．これは，定型表現であっても相手の発言内容に応じて適切なものを瞬時に選択し発話するためには，一定の経験が必要であることを示唆している．なお，津田ら（2015）は，日本語母語話者が英語母語話者に比べてあいづちを多く打つ傾向を報告している．あいづち中心の共有表明が過剰になることは望ましくないため，本研究でも前節で述べた通り，共有表明の後に適宜コメントや質問，自己開示などを加えられるよう指導する必要がある.

共有表明と同様に意味交渉も即応力が求められる．REC IおよびREC IIでは，聞き手役の生徒が理解できない発言に対しても意味の確認を行わず，話を受け流す場面が多く見られた．しかしREC IVでは，特に確認チェックの頻度が高まり，意味理解に積極的に関与する姿勢が見られた.

表5　発話カテゴリー別の時期別の平均値±標準偏差と分散分析の結果

	REC I	REC II	REC III	REC IV	分散分析		多重比較	
					F 値	*p* 値	群間差	*Pholm*
自己開示	5.94 ±2.20	6.71 ±2.81	7.35 ±2.86	7.44 ±2.65	2.94	＜.05	有意差なし	—
情報要求	2.88 ±1.90	3.44 ±1.81	3.03 ±1.93	3.00 ±1.84	0.93	.43	—	—
情報提供	0.38 ±0.70	1.00 ±1.33	1.35 ±3.63	0.82 ±1.24	1.60	.21	—	—
共有表明	1.88 ±1.55	3.03 ±3.40	3.00 ±2.57	3.82 ±4.09	4.99	＜.05	REC I ＜ REC IV	＜.01
意味交渉	2.29 ±2.46	2.65 ±2.60	3.53 ±3.78	4.32 ±3.98	5.00	＜.01	REC I ＜ REC IV REC II ＜ REC IV	＜.01 ＜.05

表 6　自己開示における発話機能別の時期別の平均値±標準偏差と分散分析の結果

	REC I	REC II	REC III	REC IV	分散分析		多重比較	
					F 値	*p* 値	群間差	*Pholm*
自発的自己開示	2.41 ±2.03	2.44 ±2.16	3.62 ±2.36	4.06 ±2.26	7.06	＜.001	REC I ＜ REC III REC I ＜ REC IV REC II ＜ REC III REC II ＜ REC IV	＜.05 ＜.01 ＜.05 ＜.01
返報型自己開示	0.56 ±0.82	0.85 ±1.05	0.79 ±0.88	0.65 ±0.95	0.78	.48	—	—
質問応答型自己開示	2.97 ±1.90	3.41 ±1.76	2.94 ±1.79	2.74 ±1.73	1.06	.37	—	—

意味交渉のうち，理解チェックや共同発話はティーチャートークやフォリナートークで用いられる手法であり，指導初期の中学生には難しいと想定していたが，REC IVでは相手の理解を確認しつつ話題を展開したり，相手が沈黙した際に意図を予測して発言を補助したりする場面が，一部の生徒に見られるようになった．

興味深いのは，こうした行動が英語の得意な生徒に限らず，必ずしも英語力の高くない生徒にも見られた点である．これは，英語力そのものよりも，やり取りに対する意識の変化や参加意欲の高まりが，大きく寄与している可能性を示唆している．前節で述べたように，理解チェックや共同発話といった行動は，協働的な会話を促進し，話題展開の失敗や沈黙の発生を抑える効果が期待される．したがって，流暢さの育成と並行して，やり取りに対する積極的な姿勢を育む指導も重要である．

情報要求の頻度は，質問応答型自己開示の傾向と呼応しており，有意な変化は見られなかった．これは，インタビュー形式の一方向的なやり取りから双方向的なものへ移行したことや，話し手による自発的自己開示の増加によって，聞き手からの質問がなくても会話が成立する場面が増えたためと考えられる．

情報提供は，話題に関する事実や関連情報を共有する発話であり，5つの発話カテゴリーの中で最も出現頻度が低かった．相手の発言に関連する事実を即時に想起し提供することは，定型表現で対応しやすい共有表明や意味交渉に比べて内容的負荷が高く，中学生にとっては難しかったと推測される．

4.3 気づきの変容

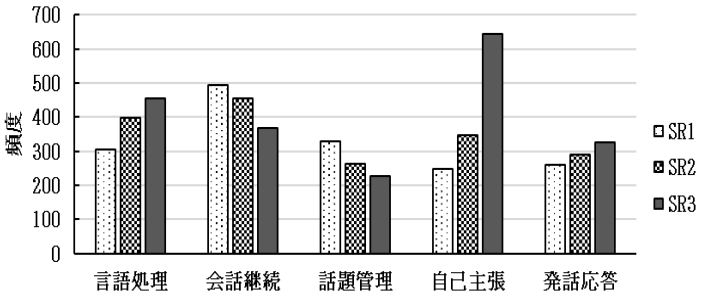
分析対象は前節と同じ34名であり，合計19回分の振り返りを分析データとして用いた．その内訳は，授業内での英会話演習15回分と，各回のパフォーマンス録画後に実施した4回分の振り返りである．総記述量は123,725字に及び，A4用紙（40字×40行換算）で78頁に相当する．これらのデータは，RQ（3）「生徒の気づきの変容」の分析対象とし，便宜的に6回・6回・7回に分割し，三期（SR1，SR2，SR3）を設定し，テキストマイニングツール「KH Coder 3」により分析した．

分析にあたっては，活用形の違いを同一語としてカウントし，頻出語の自動抽出を行った．抽出結果のうち，「会話」，「スピーキング」，「活動」，「思う」，「今回」，「する」など，データの特徴を示さない語は事前に除外した．また，「伝える」「伝わる」のような動詞は，自動詞・他動詞の区別をせずに一括して集計した．

その後，SRIからSRIIIまでの各時期における上位50語を一覧化し，内容別に分類・ラベリングを行った上で，項目別の頻度を集計した．ラベリングの結果，「言語処理」，「会話継続」，「話題管理」，「自己主張」，「発話応答」の5項目に整理した．図1は，これらのラベルに基づいて，生徒のやり取りに対する気づきの変化をまとめたものである．

「言語処理」は，発話産出時における文法や語彙のつまずきに関する項目であり，時間経過とともに増加傾向が見られた．「会話継続」は，沈黙を避けるために積極的に会話へ参与しようとする態度に関する項目で，SRIIIで減少傾向を示した．「話題管理」は，一つの話題を深掘りしたり別の話題へ派生させたりする話題展開に関する項目で，こちらも減少傾向にある．「自己主張」は，話し手が相手に理解・納得させることを目的に情報を展開する項目で，SRIIIで大幅に増加した．「発話応答」は，相手の発言に傾聴・理解し，適切に反応する行為に関する項目で，緩やかな増加が見られた．

「言語処理」の増加は，英会話演習を通して言いたいことが英語で思うように表現できない経験をした生徒が多く，その結果として文法・語彙・発音の必要性を改めて認識するようなったようである．このことから英会話演習は単なるスピーキング練習にとどまらず，学習者の言語意識を高める重要な契機となることが示唆される．



項目	頻　出　語　句	SRI	SRII	SRIII
言語処理	英語 日本語 言葉 文法 文 表現 単語 調べる 覚える 直す 推測 発音 英文	304	399	454
会話継続	時間 沈黙 続ける 途中 積極的 発言 終わる 途切れる 進める 質問 答え	493	455	368
話題管理	話題 内容 広げる 深める 変える 盛り上げる 違う 深い 進める 掘り下げる	328	262	227
自己主張	意見 考え 理由 情報 説明 詳しい 立場 伝える・伝わる 自分の考え 具体	248	348	645
発話応答	聞く 理解 あいづち 打つ 反応 聞き返す 反対 反論 入る タイミング お互い	260	289	327

図１　生徒のやり取りに対する気づきのカテゴリー別・時期別推移

「会話継続」に関する意識の変化は，RQ（1）の会話管理項目のうち，沈黙時間・沈黙回数の減少や発話語数・ターン数の増加と呼応していると考えられる．活動初期は，多くの生徒がやり取りの経験をほとんど持たず，「長時間話し続けなければならない」「沈黙が生じてしまう」ことを困難点として挙げていた．その解決策として，「さまざまな質問ができるようになりたい」と記す振り返りも多く見られた．しかし，演習を重ねるにつれてやり取りに慣れ，発話量が増加し，質疑応答以外の形でもターン交代を行うことで沈黙を回避し，会話を継続できるようになった．この結果，不安が解消され，「会話継続」に関する気づきは減少したと考えられる．

「話題管理」の減少は，授業で扱ったトピックの性質に起因すると考えられる．SRIで扱ったトピックは個人の好みや体験を問う内容であり，比較的自由に話題を変えたり，共通点を探ったりして盛り上げることが可能であった（トピックの詳細は表2参照）．一方，SRIIおよびSRIIIでは意見重視型の限定的なトピックが多く，賛否や根拠をめぐるやり取りが中心となったため，話題の幅を広げたり別の方向に展開させたりする余地が少なかった．その結果，話題展開の自由度が狭まり「話題管理」に関する発言の頻度が低下したと考えられる．同様に「自己主張」の増加も授業で扱ったトピックの影響が大きい．SR IIの途中から，体験談共有型のトピックから意見交換型のトピックへと移行したことで，生徒が自分の意見を述べ展開する機会が増えた．この変化により「自己主張」項目は顕著に増加し，生徒の意見表明への意識が一層強まったことが示される．

「発話応答」に関する気づきの増加は，聞き手がアクティブリスナーとして積極的に会話へ参与しようとする意識が芽生え始めている兆候と解釈できる．ただし，他の項目と比較すると気づきの数は少なく，SR IからSR IIIまでの増加率も緩やかであった．発話応答には，あいづちなど定型表現を用いた固定応答型と，返報型自己開示や情報提供など自由応答型の二種類がある．前者は相対的には取り組みやすいが，実際には演習を重ねる中で徐々に身についていくものである。一方，後者は難易度が高く，高度な言語処理能力を前提とする．そのため，生徒はまず言語処理の必要性に強く気づきやすく，結果として「言語処理」に関する気づきの方が「発話応答」より多く見られたと考えられる．

5. 総合考察

本研究では，中学生の英会話パフォーマンスと活動後の振り返りにおける気づきが，時間の経過とともに変化することを明らかにした．やり取りの発達過程を縦断的に捉えた研究は限られており，特に気づきとパフォーマンスの関係を同時に検討した点に，本研究の意義がある．生徒が単なる発話量の増加だけでなく，会話の進め方や相手への対応の仕方を意識し始めたことは，やり取り能力の発達において重要な示唆を与える．

一方で，本研究には方法論的な制約も存在する．学校行事や授業進度の影響によりデータ収集の間隔が不規則となり，また演習回数も十分とはいえなかった．そのため，やり取りや気づきの変化がどのタイミングで生じるのかを正確に把握するには至らなかった．今後は一定間隔で，かつより短い周期でのデータ収集を行うことが望まれる．また，今回の調査で変化がみられなかった項目については，演習機会を増やしたり，より長期的な観察を行う必要がある．

教育的な観点からは，やり取り能力の向上には単なる練習機会の提供だけでなく，気づきを促す仕掛けを授業に組み込むことが重要であると考えられる．例えば，生徒に相手の発話をどう理解し，どう応答すべきかを意識させる活動や，発話困難の場面で共同発話や補足説明を促す指導は，沈黙の回避や流暢さの育成につながる可能性がある．

Hall（1993, 1999）が指摘するように、気づきの促進はやり取り能力の向上につながるとされる．本研究はその可能性を部分的に裏付ける結果を示したが、両者の関係がどの程度強固であるかは明らかでなく、気づきがどのように学習者のパフォーマンス向上に寄与するのかは今後の重要な検討課題である．今後は，気づきを促す具体的な指導方略がどのようにパフォーマンスの発達を支えるのかを検証していくことが重要な課題である．

謝辞：本研究は，科学研究費補助金（奨励研究課題番号19H00109）の助成を受けたものである．

引用文献

1) 国立教育政策研究所（2023）「令和 5 年度　全国学力・学習状況調査　報告書　【中学校／英語】」chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.nier.go.jp/23chousakekkahoukoku/report/data/23meng_k.pdf
2) Iwata, Y. (2010). Pragmatic failure in topic choice, topic development and self-disclosure by Japanese EFL speakers. *Intercultural Communication Studies, 19*(2), 145-157.
3) Eggins, S., & Slade, D. (1997). *Analysinig Casual Conversation*. Equinox.
4) 泉子・K・メイナード（1992）『会話分析』くろしお出版.
5) Bakhtin, M. M. (1986). The problem of speech genres (V.W. McGee, Trans.). In C. Emerson & M. Holquist (Eds.), *Speech genres and other late essays* (pp. 60–102). University of Texas Press.
6) Celce-Murcia, M. (2007). Rethinking the role of

communicative competence in language teaching. In E. A. Soler & M. P. S. Jordà (Eds.), *Intercultural Language Use and Language Learning* (pp. 41–57). Springer Netherlands.

7) Hall, J. K. (1993). The role of oral practices in the accomplishment of our everyday lives: The sociocultural dimension of interaction with implications for the learning of another language. *Applied Linguistics*. *14*(2), 145-166.

8) Hall, J. K. (1999). A prosaics of interaction: The development of interactional competence in another language. In E. Hinkel (Ed.), *Culture in Second Language Teaching and Learning* (pp. 137-151). Cambridge University Press.

9) Asai, A. & Barnlund, D.C. (1998). Boundaries of the unconscious, private, and public self in Japanese and Americans: A cross-cultural comparison, *International Journal of Intercultural Relations*. *22*(4), 431-452.

10) 津田早苗・村田泰美・大谷麻美・岩田祐子・重光由加・大塚容子（2015）『日・英語談話スタイルの対照研究 英語コミュニケーション教育への応用』ひつじ書房.

11) Young. F. R. (2009). *Discursive Practice in Language Learning and Teaching*. Wiley-Blackwell.

12) Bell, A. (1984). Language style as audience design. *Language in Society*, *13*(2), 145-204.

13) 一二三朋子（2002）『接触場面における共生的学習の可能性―意識面と発話内容面からの考察』東京：風間書房.柳田直美（2015）『接触場面における母語話者のコミュニケーション方略　情報やりとり方略の学習に着目して』ココ出版.

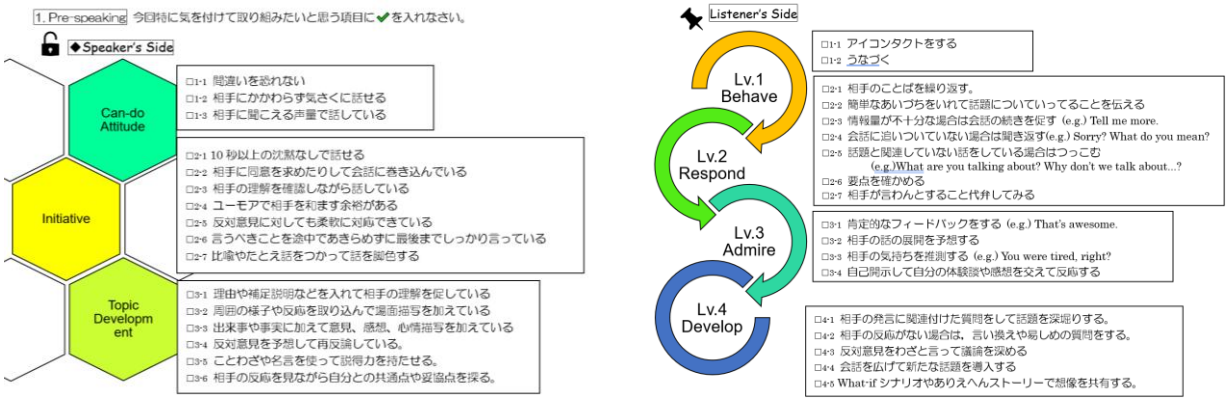
14) 安藤清志（1986）「対人関係における自己開示の機能」『東京女子大学紀要論集』36(2), 167-199.

15) 熊野道子（2002）「自ら進んで自己開示する場合と尋ねられて自己開示する場合との相違」『教育心理学研究』50 (4), 456-464.

16) 橋本貴充・村井潤一郎（2015）「分散分析で有意になり多重比較で有意差がない確率」『日本心理学会第 79 回大会発表論文集』79, 514

（2025. 8. 26 受付）

付録 1　やり取りにおける自己目標の設定（自作ワークシートより）



付録 2　時期別にみた発話機能の登場頻度（上段：件数，下段：割合%，小数点以下の端数処理による誤差を含む）

	REC			
	I	II	III	IV
自発的自己開示	82 (18.0)	83 (14.5)	123 (19.8)	138 (20.9)
返報型自己開示	19 (4.2)	29 (5.1)	27 (4.3)	22 (3.3)
質問応答型自己開示	101 (22.2)	116 (20.3)	100 (16.1)	93 (14.1)
情報要求	98 (21.5)	117 (20.5)	103 (16.6)	102 (15.5)
情報提供	13 (2.9)	34 (5.9)	46 (7.4)	28 (4.2)
あいづち	57 (12.5)	92 (16.1)	88 (14.2)	111 (16.8)
理解表明	7 (1.5)	11 (1.9)	14 (2.3)	19 (2.9)
訂正	2 (0.4)	1 (0.2)	13 (2.1)	4 (0.6)
共同発話	5 (1.1)	1 (0.2)	4 (0.6)	7 (1.1)
確認チェック	8 (1.8)	15 (2.6)	17 (2.7)	32 (4.8)

	REC			
	I	II	III	IV
明確化要求	5 (1.1)	8 (1.4)	7 (1.1)	7 (1.1)
承認	4 (0.9)	10 (1.7)	10 (1.6)	18 (2.7)
否認	0 (0.0)	1 (0.2)	3 (0.5)	3 (0.5)
理解チェック	1 (0.2)	0 (0.0)	1 (0.2)	6 (0.9)
自己発話の修正	42 (9.2)	46 (8.0)	53 (8.5)	49 (7.4)
反応要求	9 2.0	8 (1.4)	7 (1.1)	10 (1.5)
発話遂行困難表明	2 (0.4)	0 (0.0)	5 (0.8)	11 (1.7)
全体	455 (100.0)	572 (100.0)	621 (100.0)	660 (100.0)

注：割合は小数点第 2 位で四捨五入し、小数点第 1 位まで表示しているため、合計が 100%にならない場合がある。

（教育研究報告）

機械工作を活用した情報スキル向上に関する取組み

山本 通

機械工学科

昨今の情報技術の進展は目ざましく，情報系の学生だけではなく全ての学生が基礎的な情報スキルを修得することが必要となっている．本校・機械工学科においても，機械系学生にとって必要な4大力学，製図や実験実習を軸としながら，限られた時間割の中で，情報教育をどのように実施していくのか模索しているところである．そこで，低学年からパソコン操作，表計算ソフトの扱い，プログラミングに慣れてもらうことも重要であると考え，筆者の担当授業である機械工作法Ⅰ（本科2年生対象）の中で，次の取組みを行った．具体的には，これまで紙と鉛筆のみで解いていた計算問題を，紙と鉛筆で解いた後，Microsoft Excel（以下，Excelと言う）やプログラミング言語を使って演習をさせ，それを試験に出題するなどして，情報スキル向上を目指したものである．本稿では，それらの具体的な内容，効果や課題について紹介する．

キーワード： 機械工作法，Excel，Python，C言語，プログラミング教育

１．緒言

昨今の情報技術の進展は目ざましく，情報系の学生だけではなく全ての学生が基礎的な情報スキルを修得することが必要となっている[1]．実際，文部科学省においても，ITを活用した高い付加価値を創造できる，いわゆる高度IT人材を育成するための体系的な取組みが重要視されている[2]．

本校・機械工学科でも，機械系学生にとって必要な材料力学や熱力学などの4大力学や，実験実習を最も主要な科目と位置づけながら，限られた時間割の中で，情報教育をどのように実施していくのか模索しているところである．**表1**は，本校・機械工学科の開講科目のうち，情報系科目を開講年次と照らし合わせた表である．1年次の情報Ⅰは情報リテラシーやセキュリティに関して，情報Ⅱはデータ加工や確率に関しての基礎的な修得を目標しており，プログラム言語などの使い方や演習は含まれていない．したがって，本格的なプログラミング教育は，3年次後期からとなっており，技術者を育成する高専のカリキュラムとしては物足りない感が否めない．

表1　本校機械工学科の必修情報系科目

開講年次	科目名
1 年前期	情報Ⅰ
1 年後期	情報Ⅱ
3 年後期	情報工学Ⅰ
4 年前期	情報工学Ⅱ
4 年前期	数理・データサイエンスⅠ

実際，筆者は2年次から機械工作法の授業で，機械工学科学生の授業を受け持っているが，2年次の時点では，基本的な情報スキルが不足している学生が多いのが現状である．

そこで，機械工作法の授業で扱う計算問題を，紙と鉛筆だけで解くのではなく，ExcelとPythonを使って解く手法も紹介し，実際に演習を入れて，PC操作やプログラミングに慣れさせるような工夫を行った．本稿では，それらの具体的な取組内容，効果や課題について紹介する．

２．本校の情報教育環境

(1) 情報演習室

多くの高等教育機関と同様に，本校にも，学生が1人1台の環境で共用パソコンを使用できる情報演習室が，2室設置されている．情報演習室では，必要であれば，学生のパソコン操作をロックして，説明資料を各学生のモニターに表示させるなどの機能が備わっており，効率的に授業を進めることができる．そのため，筆者の担当する情報工学ⅠとⅡの授業では，この部屋を使用して，主にC言語によるプログラミング演習などを行ってきた．しかし，3年後期の情報工学Ⅰの授業で初めてプログラムを扱うという学生がほとんどで，いわゆる「Hello world」などの初歩的な内容から始めても，なかなか理解が追いつかない学生もいる状況であった．その理由の1つとして，C言語ではコンパイルして実行する必要があったり，コンパイラが古く学生がなじみにくかったりして，初めてプログラムを学ぶ学生にとってハードルが高いようであった．

(2) BYOD

BYOD(Bring Your Own Device)とは，学生が学校に個人所有のパソコンやタブレット端末を持ち込み，授業や学習活動に活用することである．本校では，2020年度入学生から個人パソコンを準備するようにお願いし，各授業で使用したり，自習で活用できるようにしたりしている．

筆者も，本科2年生の授業の一部で個人パソコンを使用しているが，パソコンを忘れてくる学生もいたり，各自の設定が異なったりして授業が予定通り進まないことが多々あった．そのため，筆者の授業ではBYODをうまく活用できていないのが正直なところで，より有効な活用方法を検討していく必要があると考えている．

３．機械工作法での情報スキル向上教育

(1) モデルコアカリキュラム

国立高専では，卒業までにすべての学生が，所属学科で達成すべき到達目標等が示されたモデルコアカリキュラム（以下、MCC）が定められている[3]．機械工作関係でも，分野別の専門工学「V-A-5 工作」や分野別の工学実験・実習能力「VI-A 機械系分野」で，到達目標が定められている．一方，機械系分野では情報系科目については，2023年度より，分野別の専門工学ではなく，情報リテラシーにのみ到達目標が記載されている．**表2**に，それぞれの到達目標の一部を抜粋して示す．この表に示す到達目標に対しては，それぞれにリンクする科目を学科会議で確認し割当てているが，**表1**に示したように，情報スキル修得の機会が少なめの本学科では，よりPCやプログラムに触れる機会を増やし，習熟度を向上させることも重要であると考えた．そのため，筆者は以下に示すような手法で学生の情報関連スキルを向上させることを期待して，授業を行った．

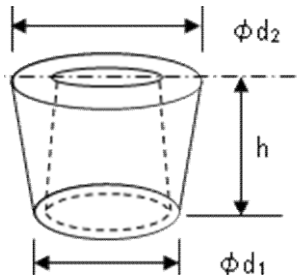
(2) Excelでの表計算

機械工作法の授業では，教科書[4,5]の内容やMCCに沿って，鋳造，塑性加工，溶接，切削，研削，放電加工と計測の順で，紹介している．例えば，鋳造では，型から成形品をスムーズに離型させるために，抜けこう配が設けられる．そこで，**図1(a)**に示すように，抜けこう配，円筒形鋳造品の底面外径や高さを与えて，円筒形鋳造品の上面直径を算出させるような演習を実施した．しかし，多くの学生がこのような場合のExcelの使い方に慣れていない状況であった．例えば，**図1(b)**のD2セルに計算式を入れずに，値をそのまま代入する者がいたり，コピーの存在を知らずにD3セルやD4セルを別々に計算したり，そもそものExcelの使い方が分からないという学生もいる状況であった．

ご存じのように，Excelは，計算，分析やグラフ作成などを行うために広く使われるソフトウェアで，技術者として最低限Excelを使いこなすスキルは必要である．そのため，機械工作に関する計算問題を，最初に紙と鉛筆で解かし，後日，復習も兼ねてExcelを使って解かせるという形で授業を進め，低学年のうちから科学技術計算ツールに慣れ，それらを活用できるように下地作りに取り組んだ．

表 2　機械系分野の工作や情報に関する MCC(抜粋)

学習内容	到達目標	学習の目安となる項目(抜粋)
鋳造	鋳造の工程、種類、特徴を説明できる。	鋳造、鋳型、精密鋳造法、ダイカスト法
切削加工	切削加工の原理、切削工具の種類、切削条件を説明できる。旋盤、フライス盤、ボール盤の種類と構造を説明できる。	切削加工、切削工具、切削条件、旋盤、フライス盤、ボール盤
NC 機械加工	NC 工作機械の基本操作を習得し、基本作業ができる。	NC 工作機械、NC プログラム
プログラミングとアルゴリズム	基礎的なプログラムを作成できる。	プログラミング、変数、制御構文、効率的なプログラミング（ライブラリ若しくは API 等の利用）
データサイエンス・AI	データサイエンス・AI 技術の利活用に必要な基本的スキル（データの取得、可視化、分析）を使うことができる。	データの図表表現（棒グラフ、散布図など）、データの分布（ヒストグラムなど）と代表値（平均値、中央値、最頻値）、データのばらつき（分散、標準偏差）



(a) 抜けこう配を有する円筒形状

	A	B	C	D
1	底面直径 [mm]	抜け勾配	高さ [mm]	上面直径 [mm]
2	110.00	3/100	80.00	
3	100.00	4/100	70.00	
4	120.00	3/100	80.00	

(b) 学生に提示した計算シート

図 1　抜けこう配に関する理解を深めるための演習例

(3) Excelでのグラフ作成

前述した教科書の塑性加工の項目では，公称ひずみや真ひずみ等について記載がある．ひずみは，材料力学の冒頭で出てくる重要項目であるため，筆者の授業でもひずみという概念に慣れさせるために，ひずみの初歩について紹介している．**図2**は，学生に引張試験時の各種ひずみ量を算出させ，それをグラフ描画させるように授業で課した課題である．**図2(a)**では，A2セルを絶対参照にして計算させることも事前に説明しており，Excelでの計算も少しずつレベルアップするように工夫を行っている．また，計算式だけでなく**図2(b)**のようにグラフで可視化することで，学生の理解度向上につながることを期待している．

(4) プログラミング言語の基礎

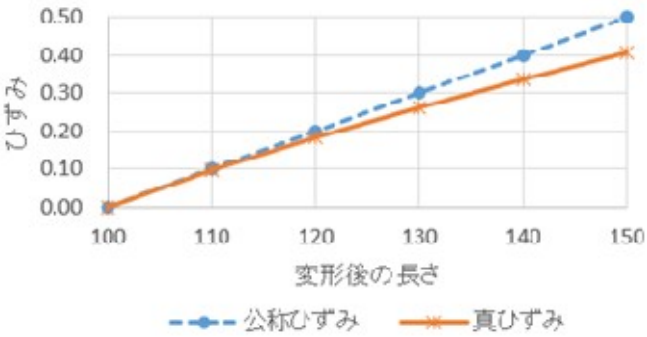
機械工作法Ⅰの授業の冒頭で学ぶのは鋳造である．鋳造は，鋳鉄などの金属を溶かして型に注湯し，自動車部品などを製作する加工法であるが，金属の温度が下がると，製品が収縮して型より少し小さくなってしまう．これを考慮して，製品より少し大きい型を製作しておくわけだが，その際に，収縮を考慮した鋳物尺が使われる．授業では，そのような製品製作手順について紹介した後，一般的な鉄の線膨張係数，鉄の長さと上昇温度から鉄の伸びを紙と鉛筆を使って計算させた後，プログラムも使って計算させる演習を行った．**図3(a)**はプログラム実行結果で，**図3(b)**はプログラムの内容である．図から読み取れるように，このプログラムでは，print関数を使う程度の非常に安易なプログラムである．まずは，このような演習を通して，プログラム特有の考え方や使い方に慣れさせ，類似の課題を提出させたり，試験に出題することで，プログラムへの理解を深めさせた．

(5) input関数とfloat関数

前節では，print関数のみしか使用しないプログラムであったが，鋳造の次に学ぶ塑性加工の分野では，input関数やfloat関数を使って演習問題を作成した．例えば，絞り加工では，**図3(a)**に示すように直径d，深さhの円筒容器を製

	A	B	C
1	元の長さ [mm]		
2	100		
3			
4	長さの変化 [mm]	公称ひずみ	真ひずみ
5	100		
6	110		
7	120		
8	130		
9	140		
10	150		

(a) ひずみ算出用シート



(b) 算出したひずみのグラフ化

図 2　ひずみの算出とグラフ化

長さ50.000mmの鋼材の温度が100℃
上昇すると鋼材長さは50.06mmとなる

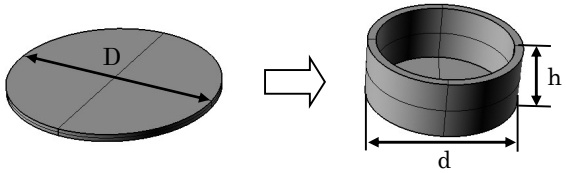
(a) プログラム実行結果

```
coefficient = 12.00e-06  # 鉄の線膨張係数
Length=50.000            # 鉄の長さ
Temp=100                 # 上昇温度
Elongation = Length * coefficient * Temp   # 伸び
Result = Length + Elongation

print("長さ%.3fmmの鋼材の温度が%.0f℃" %(Length, Temp))
print("上昇すると鋼材長さは%.2fmmとなる" %(Result))
```

(b) 配布プログラム

図 3　演習例（温度と伸びの関係）



(a) ブランクと円筒容器

円筒容器の直径(mm)を入力: 100
円筒容器の高さ(mm)を入力: 30

直径100.00mm、高さ30.00mmの円筒容器を製作
に必要なブランク直径は、148.3mmである

(b) プログラム実行結果

図 4　円筒容器の素材直径算出演習例

```
import math
d = float(input("円筒容器の直径(mm)を入力: "))
h = float(input("円筒容器の高さ(mm)を入力: "))
D = math.sqrt(d**2+4*d*h)

print("")
print("直径%.2fmm、高さ%.2fmmの円筒容器を製作" %(d, h))
print("に必要なブランク直径は、%.1fmmである" %(D))
```

図 5　課題の解答例（円筒容器の素材直径算出）

作する場合のブランク直径Dを求めさせる問題があり，これをプログラムで算出させた結果が，**図4(b)**である．一方，**図5**は，**図4(b)**の実行結果を出力するプログラムである．少しではあるが，**図3(b)**で示したプログラムより難易度が上がっていることが分かると思う．

このように，機械工作法の授業に沿って，情報スキルも向上できるようにし，本授業を履修し，修得することで，必要な情報スキルを修得できるように工夫している．

４．結言

筆者の担当する機械工作法の授業内で，本校・機械工学科学生の情報系スキルを向上させるための取組みを，実施した．その取組み内容，得られた成果や課題を以下に示す．

1) 機械工作法の授業で扱う計算問題を，紙と鉛筆だけではなく，Excelで計算したり，グラフ化する工夫を行った．2年生時点では，多くの学生がこのような場合のExcelの使い方に慣れていない状況であり，今回のような取組みは一定の効果があったのではと考えている．

2）Excelで扱った計算問題を，Pythonによるプログラミングにより算出する演習と課題も行った．ほとんどの学生が初めてプログラムを扱うというような状況であったが，試験に出題することを明言し，実際にPythonで算出する計算問題の一部を試験に出題したことで，多少はプログラムに慣れさせることができたのではと考えている．

3）機械工作法に関する昨年度の授業アンケートでは，「pythonがよかった」や「エクセルの機能を多く知れた」のようなコメントもあり，本取組みが一部の学生から一定の評価も得られている．

4）一方，今回，様々な工夫を行ったが，その効果を数値で表現したり，可視化するようなことはできていない．今後は，学生自身が機械工作や情報スキルに関して，成長度合いを確認できるような仕組みを構築できないか模索していきたい．

参考文献

1) 玉田和恵，情報教育教員によるリテラシー教育（情報モラル問題解決力の育成），情報の科学と技術，74巻，2 号，pp.40-45, (2024)
2) 奥沢薫，高度IT人材育成のための実践的ソフトウェア開発専修プログラムの紹介，工学教育，60巻，3号，pp.120-123, (2023)
3) 小林幸人，下田貞幸，大塚友彦: 国立高専モデルコアカリキュラム改訂について，工学教育研究講演会講演論文集，第71回年次大会, pp.258-259, (2023)
4) 尾崎龍夫，矢野満，濟木弘行，里中忍: 機械製作法 I —鋳造・変形加工・溶接—，朝倉書店，pp.3-153，(1999)
5) 有浦泰常，鬼鞍宏猷，仙波卓弥，鈴木俊男: 機械製作法 II —除去加工・精密測定法・加工システム—，朝倉書店，pp.4-161，(2007)

（2025.9.1受付）

（総説論文）

沖縄県内に分布する赤土等の基本的特性に関する文献調査および今後の展望
－鉄鋼スラグの新たな有効利用技術の開発を目指して－

姫野　季之[1]・麻生　大樹[2]・一村　政弘[2]
澄川　圭治[2]・佐野　博昭[3]・中村　貴敏[4]

[1]都市・環境工学科，[2]日本製鉄株式会社，[3]防衛大学校，[4]日鉄スラグ製品株式会社

沖縄県をはじめとする南西諸島における海洋への赤土等の流出問題は周辺海域のサンゴ礁の生息域の減少や，水質・景観の悪化等に大きな影響を与えており深刻な社会問題となっている．そのため沖縄県では条例を制定する等の対策を取ることで流出量は年々抑制されているものの未だ多くの問題が残る．特に県内土木工事においては流出防止対策として多額のコストと時間を費やしている現状があることから，これらを解決するべく，筆者らは鉄鋼スラグの特性に着目して流出防止及び地盤改良材として活用する技術的な検討を進めている．本論文では，赤土等の基本特性や分布について整理を行うと共に鉄鋼スラグの基本特性と活用事例を記しており，最後に今後の展望について述べる．

キーワード：赤土等，物理的性質，鉄鋼スラグ，改良効果

１．まえがき

沖縄県は亜熱帯海洋性気候に属し，琉球列島の自然は地理的な位置，島嶼性，気候などによって特徴づけられ，九州以北の日本本土とは著しくその様相が異なっている[1)]．このうち，沖縄県に分布する主な土壌は，国頭マージ（非石灰質母岩に由来する黄色土と赤色土），島尻マージ（石灰岩質母材に由来する暗赤色土），ジャーガル（泥灰質母材である島尻層泥岩に由来する残積性未熟土）であり[2)]，これらを総称して赤土等と呼ばれている．

赤土は，農業や土地開発などを通じて現地の暮らしと密接に関わってきている．例えば，1950年代後期における戦後の急速な社会経済発展に伴う沖縄農業を代表する作物のひとつはパイナップルであった．吉永ら[3)]によれば，パイナップルは酸性土壌に適し，干ばつに強く，排水良好な土地を好むため，国頭マージ地帯の急傾斜地で多く栽培されてきたことや，栽培面積は1954年89ヘクタールであったのが十数年後の1967年には5,380ヘクタールに達する[1)]勢いで拡大してきたこと，これらの圃場のほとんどは個人開発の造成畑で，土砂流出防止対策が全く行われておらず，降雨時には侵食が発生し，高濃度の赤色濁水が大量に流出し海域環境を悪化してきたこと，などが述べられている．このほか，リゾート整備・公共インフラ建設などが進む一方で，赤土の流出が深刻な環境問題として顕在化するようになったとされる．一方で，流出される土砂には赤土以外のものも含まれるため，本報では赤土等と表記することとする．前述のような状況を受けて沖縄県は1976年（昭和51年）に沖縄県公害防止条例の改正を行ったほか，1994年（平成6年）に沖縄県赤土等流出防止条例を制定，2013年（平成25年）に沖縄県赤土等流出防止対策基本計画（2013年度～

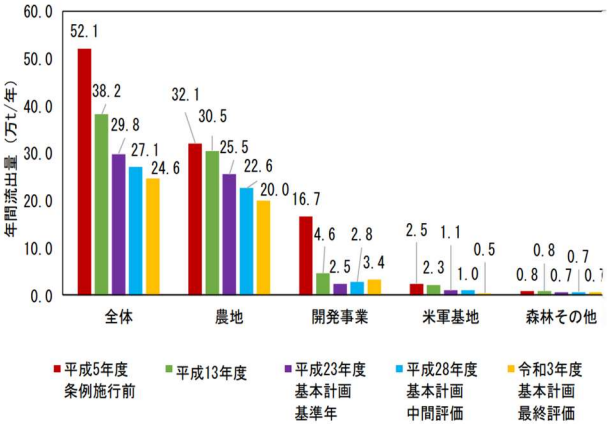


図-1　流出減別年間流出量の推移[4)]

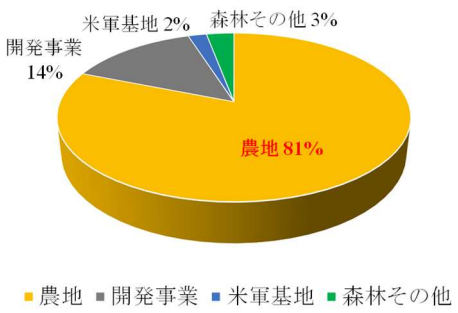


図-2　2023 年度年間流出量の流出源別流出割合 [4)]

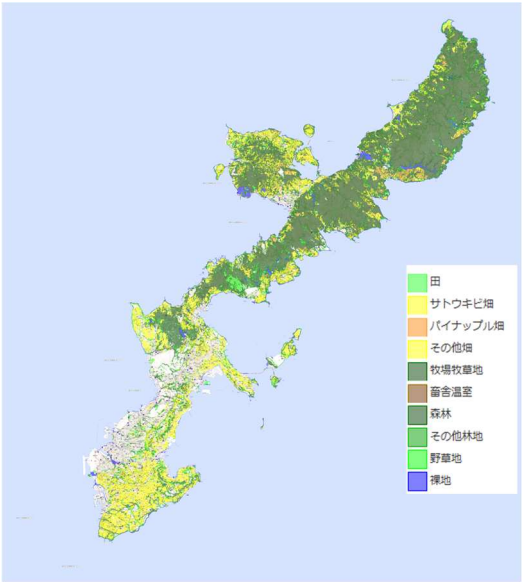


図-3　沖縄県の土地利用図 [5)]

2022年度）を策定，2023年（令和5年）に第2次沖縄県赤土等流出防止対策基本計画（2023年度～2031年度）を策定するなど流出量の削減のための対策を講じてきている[4)]．**図-1**に流出減別年間流出量の推移[4)]を，**図-2**に2023年度年間流出量の流出源別流出割合[4)]を示す．**図-1**より，条例の施行後から流出量は減少傾向にあるものの，令和3年度基本計画最終評価時点で24.6 万t／年の流出量が読み取れ，**図-1**および**図-2**からも，農地からの流出が8割程度を占めていることが伺える．ここで，沖縄県地図情報システムより得られた沖縄県の土地利用図[5)]を**図-3**に示す．図より，北部ほど森林が多く，沿岸部にはサトウキビ畑をはじめとする農地が多く占めており，土地利用の状況も流出量に影響を及ぼす一因になると考えられる．

赤土等の流出が海洋生態系に及ぼす影響は大きく，特に，サンゴ礁への影響が代表的である．山本ら[6)]は，サンゴ礁海域への赤土等の流出について，サンゴの生息する場所を着実に消滅させ，地球温暖化の一要因である二酸化炭素の吸収・固定生物の減少，および水産・観光資源への悪影響を招いていることに言及している．また，文献6)において，サンゴ礁海域への赤土等の堆積状況などに関する研究事例[7)~11)]およびサンゴ礁海域に流出した赤土等の拡散特性，サンゴ礁上に堆積した赤土等の波・流れによる挙動特性に関する現地観測および数値シミュレーションなどによる検討事例[12), 13)]を踏まえ，沖縄県屋嘉田海岸を対象として，波・流れの観測，底質調査，降雨・河川流量調査などを行い，サンゴ礁海域における赤土等汚染の実態と波浪・海浜流の特性と赤土等の挙動との関係を検討し，サンゴ礁海域に流出した赤土等を回収・除去することは，経済的かつ技術的にかなり困難であり，赤土等の流出を防止するのが最適と考えられることなどを報告している．

以上のような背景のもと，筆者らは，鉄鋼スラグを活用して赤土等の流出抑制および安定化・再資源化技術の開発を目的とした研究に取り組もうとしている．本報では，その端緒として，沖縄県内に分布する赤土等の物理的性質について文献ベースで整理することで今後の検討の基礎とした．

２．鉄鋼スラグの有効利用技術に関する研究経緯および本研究の位置付け

鉄鋼スラグは鉄鋼製品を製造する際に生じる産業副産物であり，鉄鉱石を高炉で還元する工程で生成する高炉スラグと，精錬する工程で生成する製鋼スラグに細分化される[14)]．2022年度の国内生産量については，高炉スラグが年間約20,323 千t，製鋼スラグが11,989 千tであり[14)]，資源が少ない我が国にとっては貴重な国内資源であるといえる．その成分としては高炉・製鋼スラグ共に石灰石や鉱物等の原料由来であるCaOやSiO_2を多く含むことが特徴として挙げられるが，中でも高炉スラグは高石灰アルミノシリケートガラス質で構成されていることから，潜在水硬性を有しており，アルカリ刺激で固化する性質を活かしてセメント原料等で利用されている．一方で，製鋼スラグはT-FeOを多く含んでおり密度が大きい他，CaO成分に起因する固化反応が期待できる材料であることから，道路用路盤材，土質改良材，埋立材や肥料用原料，最近では藻場造成基盤材料としても利用が増えている[15)~19)]．

製鋼スラグは軟弱な土と混合することで，即時的に含水比を低下させる事に加えて粒度改善による締固め特性の改良等が期待できる材料である[15)]．更に長期的にはCaO成分に起因する水和反応によりカルシウムシリケート水和物（C-S-H）等の水和物を形成することで若干の固結効果が働き，軟弱な土の強度を増加させることが知られている[18)]．このような製鋼スラグによる土質改良方法は，路床改良や宅地造成等において公共・民間問わず使用されており，特に瓦礫混じり土の改良工法としては土木研究センターの建設技術審査証明[20)]を取得して，東日本大震災で生じた瓦礫混じりの津波堆積土を瓦礫の分別・瓦礫付着土の引きはがし・強度/締固め特性の改善を同時に行う工法として仙

台市や釜石市等で使用された実績を有する[21].

製鋼スラグはCaO成分等により酸性土壌を改良（中性化）する以外にも，肥料として植物の成長を促進させる効果を有していることが知られている[19]．先述の通り製鋼スラグに多く含まれているSiO_2はイネ科作物に対して，葉や茎の成長や葉の表面からの水分蒸散を抑える効果があり，厳しい暑さにおいても光合成が行うための補助的な役割を果たし，籾に十分な栄養を渡らせて収穫量と品質が向上することが知られている[22]．また肥料の3要素（P，N，K）の内P_2O_5を植物が吸収可能な状態で含んでおり，P_2O_5をはじめとするリン資源の殆どを輸入に頼っている我が国にとっては，製鋼スラグ中のP_2O_5を有効に活用する意義は大きいものであるといえる．

第1章で記した通り，沖縄県においては赤土等の流出が大きな社会問題となっており，平成6年には「沖縄県赤土等流出防止条例」を制定し，流出防止対策を義務付けている．ここでは1,000 m^2以上の土に対して事業行為（建築工事・造成工事・切土工事）を行う業者は県に対して流出防止対策施設を設けて防止対策・処分計画を提出する様に定められている．そのため本工事とは別に流出防止対策として多額のコストと時間を割いているのが現状である．そこで筆者らは製鋼スラグの特徴を活かした流出抑制方法を検討している．先に述べたように製鋼スラグは密度が一般的な砕石と比較して大きく，CaO分を豊富に含むため[15]，混合直後には赤土等に覆い被さり，重しの様な効果を発揮する事に加えて，Caによる凝集効果により即時的な流出抑制が期待できる．長期的には固結効果により強度増加も期待できるが，過度に固結しないため再掘削性も有した混合土となり，加えて製鋼スラグはセメント系固化材と比較して六価クロムの溶出の懸念は少なく，粒状体であることから混合時に粉塵の飛散が抑制されるという利点もある．セメントや石灰と比較して生産時のCO_2排出量が少なく，循環資源の活用という社会的な利点も持ち合わせている．このような製鋼スラグの利点を評価するために，今後は第4章で記す団粒化度や分散度等の指標を用いた検討を進めていく予定である．

３．赤土等の物理的性質に関する既往の研究

前述のように沖縄県をはじめとする南西諸島に堆積する赤土等には，**図-4**に示すような国頭マージ，島尻マージ，ジャーガルおよびクチャ（泥岩）に大別され，沖縄県の分布面積の約55%を国頭マージが占めている（**図-5**）[23]．以下では，もっとも流出量の多いとされる国頭マージの物理的性質に焦点を合てることとする．

(1) 国頭マージの概要[24]

宮城・近藤[24]は，国頭マージの物理的性質を整理するに

図-4　赤土等の種類[23]（左から国頭マージ，島尻マージ，ジャーガル，クチャ（泥岩））

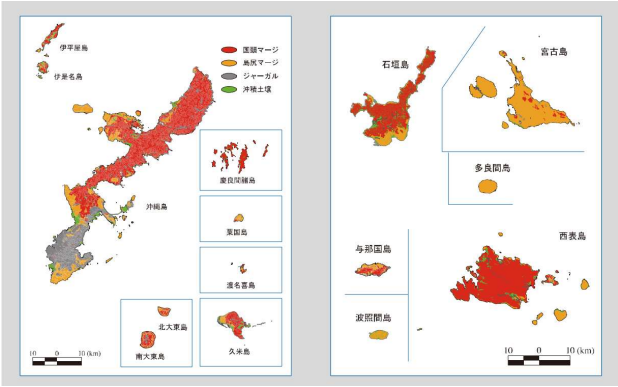


図-5　赤土等の分布状況[23]

あたり，その成因，地盤環境，および風化による性質の変化について先に言及している．以下に，文献24)より，一部を抜粋して引用すると「国頭マージは沖縄地方に広く分布する赤色系の，主として残積成の土である．マージということばの由来は古くから赤色土または赤色系のやせ地の呼称であったといわれている．赤色土の成因は風化によって生じた赤鉄鉱を多く含むためとされていて全国的に点在する[25]が，これらの土と比較して国頭マージの場合，①分布が沖縄地方の広範囲にまたがること，②母岩が多岐にわたること，③大部分が残積土であり，深さ方向の風化による土色の変化が土層断面で確認できること，④気象環境が他地域と異なること，等の特徴を持つ．とくに熱帯の高温多湿な地域に分布するラテライトに見かけ上よく似ているが，国頭マージは露出することによってラテライトのように不可逆的に固結する性質をもたないことおよび化学分析によるけい鉄ばん比が3.50以上の高い値を示し，ラテライトの1.33以下，ラテライト性土の2.0以下と比較すると[26]，ラテライトやラテライト性土には属さないといえる．母岩の種類が多く，さらに場所によって風化の程度が異なるために国頭マージの土性は砂質土から粘性土のものまで広い範囲にまたがるが，このことは，この土を土質材料として使用する場合の力学性と大きな関わりを持つことになる．」のように述べている．

(2) 物理的性質[2), 27)]

表-1は，荒木ら[27)]によって示された沖縄県が調査した沖縄本島北部（61地点）の国頭マージの物理特性を引用して示しており，前述までの要因に起因すると考えられるばらつきを有することが伺える．粘土分含有率からも砂質土から粘性土の範囲にわたることが読み取れるほか，一般に比重が小さい場合に流亡されやすいため，ので国頭マージは流亡しやすい土粒子を含むと考えられる．この要因について，翁長[2)]は，受食性が土壌の耐水性団粒の含有量に支配されることに言及している．沖縄県の主要土壌の団粒化度（**図-6**）から，耐水性団粒は島尻マージ，ジャーガルで多く，国頭マージで少ないことを示しているほか，侵食性の指標としての分散率を基準粒子にMiddletonの0.05 mmを用いて求め（**図-7**），国頭マージ，次いでジャーガルと受食性が大きく，島尻マージでは耐食性が大きいことを示している．一方，大見謝ら[28)]は開発事業現場における実測から，沖縄島南部を中心に分布するジャーガルの母材である島尻泥岩（クチャ）は灰色を呈するため目立たないものの，その流出濃度は高く，最高値は国頭マージの8倍に達するとしている[29)].

表-1　国頭マージの物理特性[27)に加筆]

項　目	単位	平均値	最小値～最大値
自然含水比	%	22.5	6.8～45.3
土粒子の密度	Mg/m^3	2.63	2.24～2.82
pH		7.3	5.5～8.7
強熱減量	%	6.8	2.7～13.8
粘土分含有率	%	16.3	4.9～42.3
細粒分含有率	%	51.5	19.9～89.5

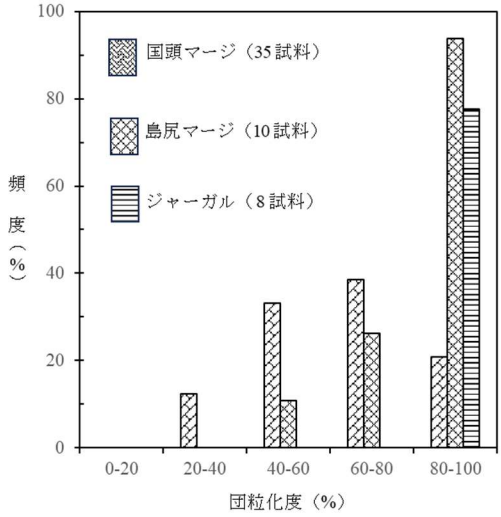


図-6　沖縄県の主要土壌の団粒化度[2)]

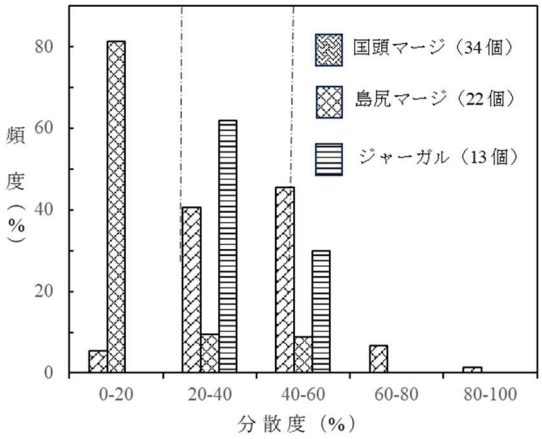


図-7　分散度の区分別頻度[2)]

４．赤土等の流出要因における土質特性

赤土等が流出する自然的要因について，大見謝[30)]は，土壌，陸の地形，降雨，海の地形を挙げて言及している．以下に，文献30)より，一部を抜粋して引用すると，「これまでの実態調査より，流出しやすい土壌は国頭マージやジャーガルであり，沖縄県の面積に占めるそれぞれの分布割合は55%，8%となっている．これらの土壌は，雨水の透水性が悪く表流水が増大するなどの理由で浸食されやすい．これらの土壌は主として山地や丘陵に分布し，島の河川は短いため，山地開発などで流出した土壌は短時間のうちに海へ運ばれてしまう．さらに沖縄の降雨の特性は，降り方がスコール型であり，その雨滴が比較的大きく，食性の雨が多い（翁長[2)]）．これに加え，沖縄の島々の周辺に発達した礁池は閉鎖的で，流出してきた土壌はここに沈殿しやすい．これは台風接近などで波が高くなると再び舞い上がって海に懸濁する．このため赤土汚染は大雨時のみの一過性のものではなく，慢性的に沿岸を蝕んでいるといえる」と説明している．

ここで，土壌の浸食性について，内田[31)]は，降雨と流出による土粒子の分離と輸送に抵抗する土の性質，すなわち土固有の浸食性は侵食予測あるいは土地利用計画等において重要な因子であること，土自身の浸食性とともに侵入能と透水性が土の浸食性に影響することに言及したうえで，鳥取県内の未耕地土を対象に火山灰土を含む19試料を用いて人工降雨と越流水を一定にして土の物理的性質の浸食性に対する効果について検討している．その結果，粘土比（粘土／（シルト＋砂））は降雨と流出による土の浸食において用いられる最も重要な因子であり，粘土比は土の浸食量変動の84%に寄与していたこと，土の浸食性は粘土比と侵食量増加率でもって評価できることを示している．このほか，翁長ら[32)]は，国頭マージ地帯における土壌侵食の最も大きな土壌要因は侵入特性であり，降雨時における土壌表面クラスト形成が侵入量の激減に関与していることを考察している．

５．まとめと今後の展望

本報では，鉄鋼スラグを活用して赤土等の流出抑制および安定化・再資源化技術の開発を目的とした研究に取り組むための文献調査を行った結果について取りまとめた．まず, 第1章では, 赤土等の流出問題に関するこれまでの経緯および現状について整理した. 第2章では, 筆者らが着目する鉄鋼スラグについて，その特徴やこれまでの研究経過についてまとめた．第3章では，第1章でとりまとめた赤土等の流出問題においてもっとも流出割合の高い国頭マージの物理的性質をとりまとめた．第4章では，第3章に示した物理的性質を踏まえて，物理的性質と流出問題の関連性についてとりまとめた.

赤土等の海洋への流出に関する問題は歴史が長く，これまでに多くの研究者が様々な視点から研究に取り組んできており，本報で取り上げることができた文献は一部に過ぎない．引き続き文献調査を継続しつつも，本報で取りまとめた国頭マージの特性に留意しながら国頭マージを用いて鉄鋼スラグを活用した流出抑制および安定化・再資源化技術の開発を目的とした研究に取り組んでいく.

参考文献

1) 宮城邦治：南西諸島および沖縄島北部地域の自然環境の特性とその保全, 南島文化, 第 15 号, pp.39-50, 1992.
2) 翁長謙良：沖縄島北部地方における土壌侵食の実証的研究, 琉球大学農学部学術報告, 33 号, pp.111-209, 1986.
3) 吉永安俊，翁長謙良，酒井一人：沖縄県の農地における赤土等流出防止対策と赤土等等流出防止条例，水利科学，40 巻 1 号，pp.1-13，1996.
4) 沖縄県：沖縄県赤土等等流出防止対策基本計画 最終評価，68p，2022.
5) 沖縄県地図情報システム：土地利用現況図，http://gis.pref.okinawa.jp/pref-okinawa/PositionSelect?mid=10,（参照日：2025 年 7 月 29 日）
6) 山本幸次，佐藤愼司，仲座栄三，大谷靖郎，堀口敬洋：サンゴ礁海域における赤土等の流出過程と拡散特性に関する研究, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp.1266-1270, 2000.
7) 灘岡和夫，田村英寿：衛星画像データによる沖縄リーフ海域における赤土堆積状況把握の試み，海岸工学論文集，第 38 巻，pp.906-910，1991.
8) 灘岡和夫，田村英寿：沖縄赤土流出問題に関する汎用衛星モニタリングシステム構築の試み，海岸工学論文集，第 40 巻，pp.1106-1110，1993.
9) 津嘉山正光，仲座栄三，高良尚樹，大山幸徳：南西諸島海域における赤土流出の実態と新たな防止工法の開発，海岸工学論文集，第 38 巻，pp.911-915，1991.
10) 津嘉山正光，仲座栄三，高良尚樹，屋良朝博：赤土流出の発生とサンゴ礁水域での拡散について，海岸工学論文集，第 39 巻，pp.945-949，1992.
11) 仲座栄三，津嘉山正光，砂川恵輝，金城太：サンゴ礁海岸における赤土堆積と拡散に関する研究，海岸工学論文集，第 41 巻，pp.1031-1035，1994.
12) 灘岡和夫，二瓶泰雄，横堀達也，熊野良子，大見謝辰男：サンゴ礁海域の水環境に関する陸水・外洋水影響の検討, 海岸工学論文集, 第 46 牧, pp.1181-1185, 1999.
13) 灘岡和夫，二瓶泰雄，熊野良子：高解像度水深マップを用いたサンゴ礁海域の流動シミュレーション，海岸工学論文集，第 46 巻，pp.1186-1190，1999.
14) 鐵鋼スラグ協会ホームページ：鉄鋼スラグとは，https://www.slg.jp/（参照日：2025 年 6 月 27 日）.
15) 一村政弘：鉄鋼スラグの特性を活かした地盤工学分野における活用事例，地盤工学会誌，Vol.72，No.7，pp.13-16，2024.
16) 中川雅夫，木曽英滋：転炉系製鋼スラグの海域利用技術の現状と展望，海洋理工学会誌，17 巻，1 号，pp.21-29，2011.
17) 田中裕一，高将真，今村正，渋谷貴志，山越陽介，赤司有三，北野吉幸，菅野浩樹：カルシア改質土による海面埋立，土木学会論文集 B3（海洋開発），70 巻，2 号，pp.888-893，2014.
18) 中川雅夫，赤司有三，聖生守雄，平嶋裕，飯室賢一朗，平石耕一：カルスピン工法によるがれき混じり津波堆積土の利用技術，第 10 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集，pp.377-384，2013.
19) 伊藤公夫：水田におけるスラグ肥料からの直物栄養元素の溶出，日本製鉄技報，第 417 号，pp.103-111，2021.
20) 土木研究センター：建設技術審査証明事業（土木系材料・製品・技術、道路保全技術）概要書，カルスピン工法，2013. https://www.jacic.or.jp/jacic-hp/sites/default/files/manage_sinsa/0202133.pdf.（参照日：2025 年 9 月 6 日）
21) 土木研究センター：建設技術審査証明/審査証明技術（概要），カルスピン工法，2013. https://www.jacic.or.jp/jacic-hp/node/19485?field_mnkikn1_tid=2&field_mnknameh_value=%E6%97%A5%E6%9C%AC%E8%A3%BD%E9%89%84&field_mnbunya1_tid=All&field_mnbunr1_tid=All&field_mnkywrd_value=&field_mnsshakd_value%5Bvalue%5D=&items=0&search_word=&sort_rule=field_mntrkjun_value%3ADESC（参照日：2025 年 9 月 6 日）
22) 赤司有三：鉄鋼スラグ製品の適用拡大への取組み，日本鉄鋼協会，第 255・256 回西山記念講座「製鉄所における資源循環と廃熱利用」，2025．https://www.isij.or.jp/event/event2025/nishiyama255.html.
23) 沖縄県：赤土等等流出防止対策ハンドブック，第 1 章

赤土等流出機構，pp.1-6，2009.（参照日：2025 年 7 月 28 日）
24) 宮城調勝，近藤武：国頭マージの物理的性質について―国頭マージの理工学的性質に関する研究(Ⅰ)―, 農業土木学会論文集，1990 巻，149 号，pp.39-44，1990.
25) Matsui. T: On the relic red soils of Japan; Quaternary Soils, Proc. 7th INQUA Congress, pp.222-244, 1967.
26) Gidigasu, M. D: Laterite soil engineering, Elsevier, pp.4-5, 1976.
27) 荒木功平，奥村謙一郎，安福規之，大嶺聖：気候変動に伴う赤土等流出問題への宜野座村での現地実験による適応作研究，土木学会論文集 G（環境），Vol.69，No.5，pp. Ⅰ_117- Ⅰ_122，2013.
28) 大見謝辰男，比嘉榮三郎，花城可英，満本裕彰：クチャ（島尻層群泥岩）の流出についての調査研究，沖縄県衛生環境研究所報，第 29 号，pp.131-134，1995.
29) 南哲行，仲野公章，桜井亘，山田孝：南西諸島の赤土等砂流出に係る既往の知見と最近の研究動向，土木研究所資料，第 3840 号，13p，2001.
30) 大見謝辰男：赤土汚染とサンゴ礁，みどりいし，No.6，pp.7-9，1995.
31) 内田勝利：土の浸食性と物理的性質，土壌の物理性，39 巻，pp.50-56，1979.
32) 翁長謙良，吉永安俊，志茂守信：国頭マージの浸入特性に関する研究，琉球大学農学部学術報告，41 号，pp.269-277，1994.

(2025.10.3受付)

図書館運営委員

一宮　一夫（図書館長）
西村　俊二（教務主事補）
上野　崇寿（寮務主事補）
大山　哲平（電気電子工学科）
永井　麻実（都市・環境工学科）
牧野　伸義（一般科理系）
田中　美穂（図書館長補佐）
広瀬　裕美子（学生主事補）
軽部　周（機械工学科）
プロハースカ　ズデネク（情報工学科）
川野　泰崇（一般科文系）

令和 7 年 11 月 10 日　発行

発　行　〒870-0152　大分県大分市大字牧 1666 番地
独立行政法人　国立高等専門学校機構
大 分 工 業 高 等 専 門 学 校
National Institute of Technology, Oita College
TEL（097）552-6084（ダイヤルイン）
FAX（097）552-6786

本誌に記載の論文は発行者の承諾なくして他に記載することを禁ずる