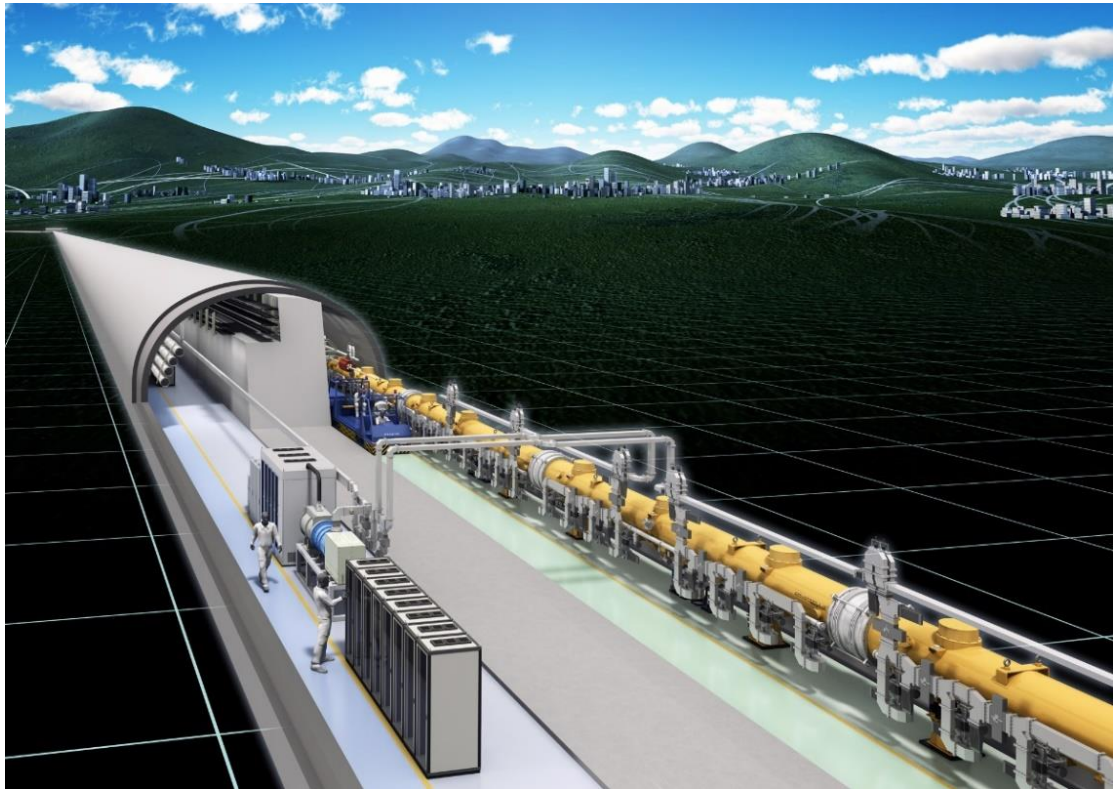


国際リニアコライダー Q & A集



© Rey. Hori

国際リニアコライダー（ILC）は、物質の根源や宇宙の起源に関する研究を目的として、世界にひとつだけ建設される最先端の電子・陽電子衝突型線形加速器です。現在の計画では、全長20 kmの地下トンネルに設置される素粒子実験施設であり、実験の進捗により、将来的には全長50 kmまで延長する可能性も想定されています。

このQ&A集は、ILC計画の目的や内容、効果等の説明に加え、ILCに関する疑問等にも答えることにより、ILCについてより理解を深めていただくために作成したものです。

なお、回答については、専門的な内容も含むことから、東北ILC推進協議会を通じて、研究者の先生方からの協力もいただき作成しております。

平成31年2月

気仙沼市
気仙沼市国際リニアコライダー推進協議会

Q & A よくある質問

- Q 1 I L C とは何ですか。
- Q 2 I L C はどこに建設されるのですか。
- Q 3 I L C 誘致の現状と今後の見通しはどうなっているのですか。
- Q 4 I L C 誘致によりどのような波及効果が期待されるのですか。
- Q 5 I L C でビックバンを再現すると言っているが、危険ではないのですか。
- Q 6 I L C 建設による土木工事により発生する残土はどのように処理するのですか。
また、残土運搬に伴う生活環境への影響はないのですか。
- Q 7 I L C の運転中に放射線や放射性物質が発生する危険はないのですか。
- Q 8 I L C 建設候補地の岩盤は頑丈で安定的とされるが、候補地に沿って北上低地西縁断層帯（活断層）が存在するが危険ではないのですか。
- Q 9 I L C 建設による地下水への影響はないのですか。
- Q 1 0 I L C の排水処理や排熱処理はどのように行っているのですか。
- Q 1 1 I L C ではどのくらいの電力を使うのですか。
- Q 1 2 I L C の運用期間が終わったら、I L C のトンネルが核廃棄物の最終処分場に
使われることはないのですか。
- Q 1 3 I L C 建設に係る事業負担として、地元負担はあるのですか。
- Q 1 4 I L C 計画の経済波及効果はどのくらいになるのですか。
- Q 1 5 I L C の建設スケジュールはどのようになっているのですか。
- Q 1 6 I L C の研究はいつまで行われるのですか。
- Q 1 7 I L C 建設により地域としてどのような関わりが必要になりますか。

Q 1. I L Cとは何ですか。

A. I L Cは、国際リニアコライダー「International Linear Collider」の頭文字を取った呼称であり、素粒子物理学の壮大な実験施設です。具体的には、地下トンネルに設置される全長20 km（段階的にトンネルの規模を拡張し、最終的には50 kmまで延長する予定）の直線型加速器で、ほぼ光の速さまで加速させた電子と陽電子をその中央部で衝突させることにより、ビッグバン（宇宙誕生直後の状態）を再現し、宇宙創生の謎、時間と空間の謎、質量の謎などを解明することを目的に、世界に1つだけ建設される大型の国際実験施設です。このプロジェクトでは、ヒッグス粒子の観測とそれに続く新しい発見、その結果としての医療や製造分野などへの応用のほか、本地域を含む東北全体での新しい産業の創出や技術革新、科学技術分野における教育水準の向上、数千人と言われる世界中の科学者の居住や往来等により、地方創生の実現が期待されています。

＜日本の素粒子物理学分野におけるノーベル賞受賞者＞ ※（）内は受賞年

湯川 秀樹 氏（1949年）、朝永振一郎 氏（1965年）、小柴 昌俊 氏（2002年）、
小林 誠 氏（2008年）、益川 敏英 氏（2008年）、梶田 隆章 氏（2015年）

Q 2. I L Cはどこに建設されるのですか。

A. I L Cは、大型の加速器で建設コストも大きいことから、2004年に科学者間による国際会議「ICFA（国際将来加速器委員会）」で、世界にひとつだけ建設することが合意されました。その後、2012年に日本の研究者から日本がホストする（主導する）ことを提案すると、欧米等の世界の研究者から強く支持され、翌年の2013年に日本の研究者によるI L C立地評価会議において、日本へのI L C誘致が決定した場合、その建設候補地は、岩手県南部から宮城県北部にかけての「北上山地」が最適であると公表されました。

I L Cの実験で衝突させる電子と陽電子は、目に見えない非常に小さな粒子のため、正確に衝突させるためには振動が少ない硬い地盤が必要になります。北上山地は、活断層のない硬い安定した花崗岩が50 km以上に渡って分布しており、人工振動の影響も少ないこと、そして、

I L Cの主要機材等を地下トンネルまで輸送する港や道路からのアクセスが良いことから、I L Cの建設地として最適とされています。また、I L Cの加速器が設置されるトンネルは、地下と言っても実際には標高110 mの位置に作られます。例えば、標高500 mの山の場合、山の地面から約400 m掘り進んだ場所になりますが、川などが流れている標高150 mの場所であれば、その地面から約50 m下の位置になります。奥州市や一関市の中心市街地がある北上川周辺の標高は、およそ30 mから50 m程度であるため、I L Cのトンネルはその標高より高い位置に掘られることとなります。



※ 全長20km（研究開始時の長さ） 全長50km（拡張後の長さ）



Q 3. I L C 誘致の現状と今後の見通しはどうなっているのですか。

A. I L C は、地下トンネル内に設置される直線型加速器の中央部で、ほぼ光の速さまで加速させた電子と陽電子を衝突させることにより、ビッグバン（宇宙誕生直後の状態）を再現し、宇宙創生の謎、時間と空間の謎、質量の謎を解明するため、世界に1つだけの大型素粒子実験施設を建設する国際プロジェクトです。

I L C の日本誘致が決定した場合、その建設候補地は、岩手県南部から宮城県北部にかけての「北上山地」が最適であると、2013年に日本の研究者による I L C 立地評価会議において公表されました。北上山地は、活断層のない安定した花崗岩が50 km以上に渡って分布しており、加速器が設置される地下トンネルの全長も50 kmまで延びると、奥州市、一関市を通り気仙沼市が研究施設の南端となります。

2017年11月には、カナダで開催された科学者間による国際会議「ICFA（国際将来加速器委員会）」では、ステージング（トンネルの全長20 kmからスタートし、段階的にその規模を拡張する戦略）による I L C 新計画が国際承認され、大幅なコストダウンが可能となったことから I L C の実現可能性が大幅に高まりました。この I L C 新計画を踏まえ、I L C 本体の建設費は約5,800億円とされており、トンネル等の土木・設備工事費（約1,300億円）はホスト国である日本が負担し、加速器本体（約4,500億円）は日本、北米、欧州が3分の1ずつ国際分担する方針が示されています。

国際的な動きについては、これまでの数年に渡る議論により、欧米の政府関係者との連携も順調に進み、日本での I L C 計画に全面的に協力する準備があるとしており、また、欧州とも、昨年1月には超党派の国会議員で構成するリニアコライダー国際研究所建設推進議員連盟をはじめとする産学官が一体で行った欧州訪問をきっかけに、国際協議に向けた扉が開かれました。現在世界には、日本のKEKを含む4か所（欧州のCERN、ドイツのDESY、アメリカのFNAL）に円形の加速器がありますが、一方で、中国でも周長50 kmから100 kmを目指す超大型円形加速器建設計画を進めており、I L C の日本誘致が見送られた場合、世界の研究者たちが中国の計画に加わることが懸念されています。

I L C 誘致の現状としては、文部科学省の「国際リニアコライダー（I L C）に関する有識者会議」を経て、同省から審議依頼を受けた日本学術会議は、昨年8月から「国際リニアコライダー計画の見直し案に関する検討委員会」を設置、審議を重ね、同年11月14日に回答案を公表後、最終的な取りまとめを行い、同年12月19日に文部科学省に回答が提出されました。その内容は、I L C の学術的意義は認められたものの、資金面での適正な国際経費負担や人材育成・確保についても不確定要素が大きいなどの課題を挙げ、「現状で提示されている計画内容や準備状況から判断して、I L C 計画を日本に誘致することを日本学術会議として支持するには至らない」という厳しいものでありました。今後の見通しとしては、日本学術会議からの回答を踏まえ、日本政府が誘致是非に向けた判断をすることとなります。当初、その判断は昨年中に必要とされていましたが、同年12月に日本政府の判断期限を本年3月7日まで延長するとの方針が、国際研究者組織から示されたところでした。しかしながら、欧州の次期素粒子物理戦略の本格的な検討が間もなく始まることを考慮すると、1日も早い政府の決断が望まれます。

Q 4. I L C 誘致によりどのような波及効果が期待されるのですか。

A. I L C 建設・運用に必要な加速器関連技術や、I L C で生み出される科学技術が、医療技術や情報技術等といった様々な分野の産業へ応用されることにより、これまでにない新しい産業の創出によるイノベーション（技術革新）が促進され、高い成長力を持った先端科学技術産業の集積が期待されます。また、I L C 誘致が実現すれば、世界中から数千人の研究者とその家族がこの地域に集まり、多文化が共生する国際色豊かな地域になることが予想され、実験施設の建設のみならず、食や住居、教育など、幅広い分野へ派生するものと考えています。I L C 建設候補地エリアである気仙沼も、I L C 主要機材の物流拠点や研究者等の居住・余暇等のエリアになることが期待されています。

Q 5. ILCでビッグバンを再現すると言っているが、危険ではないのですか。

A. ILCによって「ビッグバン（宇宙誕生直後の状態）を再び起こす」ことはできません。ILCの実験の例えとしてよく使われている「ビッグバンの再現」という言葉は「ビッグバンの少し後に起こっていた素粒子の反応を再現する」という意味です。ILCによって「ビッグバンを再び起こす」ことは不可能です。ILCでは、高エネルギー状態によって生み出される素粒子を測定器で捉え、そのデータを集めて解析を行います。この実験自体は、ILCの加速器内で行われるものであり、外部への影響はありません。

また、ILCをはじめ、高エネルギー加速器で創り出される高エネルギーの素粒子反応（ビッグバンの再現）は、人工的に作り出すことのできる最高のエネルギーですが、このような反応は、地球の大気上でも、宇宙の至る所でも起こっており、我々の生活に無害であることは、我々の地球の存在が証明しています。

Q 6. ILC建設による土木工事により発生する残土はどのように処理するのですか。また、残土運搬に伴う生活環境への影響はないのですか。

A. ILCの建設工事に係るズリの掘削量は469万立方メートル（東京ドーム約4杯分）と見込まれています。掘削に係る工事期間を5年と仮定した場合、1日当たりのズリの取扱量は、概ね6,000トン程度となり、これを10トンダンプで輸送する場合、総数で600台となり、1時間当たり11台のダンプで7か所の坑口からそれぞれ搬送されると試算されています。しかしながら、トンネル掘削に伴う残土、花崗岩質の硬岩ズリは、コンクリート骨材や盛土材として、まず、ILC施設内で相当量再利用します。例えば、トンネル内のコンクリート隔壁の骨材や、ILCプロジェクトに必要な地上施設（キャンパスなど）の敷地造成にも有効利用します。その上で、余ったズリは施設外に搬出し、利用することになり、それはズリの発生時期と需給状況の社会情勢に左右されますので、ズリは仮置き場に一時保管されます。具体的にはILC準備期間中に防災・輸送コスト・搬入出に伴う地域への影響、景観等を考慮し、関係機関、地権者、地域住民の方々と相談しながら仮置き場を選定し、安全面に配慮しながら運搬計画を立てるとともに、地域への影響を最小限にするよう対応いたします。

なお、他の土木工事との比較において、現在、JR東海が進めるリニア中央新幹線は、品川―名古屋間286km（トンネル区間246km）で、その掘削工事では約5,680万立方メートルという東京ドーム約46杯分もの膨大な残土が発生すると予想されており、ILC建設による土木工事によって発生する掘削量は、その12分の1となっています。

Q 7. ILCの運転中に放射線や放射性物質が発生する危険性はないのですか。

A. ILC本体の加速器では、加速器の運転中に電子と陽電子のビームが加速器を構成する物質などと衝突したときに放射線や放射性物質が発生する場合がありますが、通常加速器内に留まる構造となっています。念のためトンネル内は放射線管理区域として厳重に管理されており、加えてトンネル内は、中央にコンクリートの仕切り壁（遮へい体）を設け、一方は加速器本体を設置する加速器トンネル、もう一方は加速器本体に電力を供給する電源トンネルに分けられた構造となっています。運転中はトンネル内に入ることはなく、技術者や研究者が被ばくすることはありませんし、加速器が運転停止すれば放射線が新たに発生することはありませんので、現在、加速器が稼働しているKEK（つくば市）や欧州にあるCERNなどの研究施設においても技術者や研究者が運転後、トンネル内で作業するなど通常通り働いており、これまでに事故の報告はありません。

ILC本体の衝突点では電子と陽電子の衝突反応の結果、新たな素粒子や放射線が発生しますが、発生量は少なく、測定器及びビームラインを取り囲むコンクリートで止まり、トンネル内への影響はありません。

大部分の衝突反応を起こさなかったビームを吸収するビームダンプでも放射線が発生しますが、ビームダンプを取り囲む専用の遮へい体で覆い、トンネル内への影響はありません。ビームダンプ内ではビームダンプ水が放射化しますが、ビームダンプ水は、閉鎖された循環システム内で使用し、かつ、排水しませんので、施設周辺の自然水への影響はありません。通常は想定されませんが、万が一ビームダンプ室内空気の放射性物質濃度が高くなった場合には、専用のフィルターや除湿器で放射性物質を除去し、(想定される放射性核種が短半減期であることを考慮して)室内に一定期間閉じ込めて濃度を十分に低下させてから、念のためモニタリングで安全な濃度であることを確認した上で排気を管理するなど、予め外部への飛散がないように設計されています。

Q 8. I L C建設候補地の岩盤は頑丈で安定的とされるが、候補地に沿って北上低地西縁断層帯(活断層)が存在するが危険ではないのですか。

A. I L Cの建設候補地の選定は、活断層のない場所であることが要件とされました。北上低地西縁断層帯は奥羽山地とその東側の北上低地帯との境界付近に位置する活断層帯ですが、北上山地のI L C建設候補地エリアから20 km以上離れており、影響はないと考えられています。

Q 9. I L C建設による地下水への影響はないのですか。

A. I L Cが建設される花崗岩帯は、その密度が高く、硬い不透水層(地下水を通さない土質)であることから、地下水への影響は極めて少ないと言われていますが、I L C建設候補地においても、トンネル抗内湧水量の予測に有益な知見を得ることを目的とした調査を実施しています。また、着工前に改めてトンネル掘削工事による地下水への影響を予測・評価し、必要な対策を十分に講じることとしています。

Q 10. I L Cの排水処理や排熱処理はどのように行っているのですか。

A. 通常の地下トンネルでは湧水が予想されます。I L Cの場合、トンネルの壁は防水層に覆われて湧水はその外側を流れて直接トンネルに入り込めませんが、トンネル外側の湧水については排水口に集め、地表まで汲み上げ、貴金属や放射性物質が含まれていないかなど必要な水質管理を行い、一部は冷却水として利用し、残りは安全を確認したうえで河川等に放流されます。これまでのボーリング調査では、重金属の含有量は一般的な花崗岩と同じであり、北上サイトのI L C加速器トンネルが特別という兆候は見られません。実際にI L C加速器トンネルが施工され、運転された場合には、前述のように検査を行い、必要な場合には、確立された方法により処理されます。また、I L Cの中央キャンパス内の排水については、通常の研究施設と同様に定められた排水基準を満たしているかどうか常に検査され、必要に応じ処理等を行い、有害物質が外部に出ることがないようにします。なお、実験中のトンネル内は高温となることはありません。加速器トンネルの地山温度は13～14℃程度と低いので、ファンコイルユニットを多数配置し、トンネル内の温度が18～20℃程度になるよう制御する計画です。また、電源などは冷却水で冷却しますが、ここからの発熱による空調負荷は発熱量の5%程度と少ない量です。加速装置は液体ヘリウムで冷却するため、トンネル内への熱放出はありません。

Q 1 1. I L Cではどのくらいの電力を使うのですか。

- A. 現在計画されている20kmのI L Cでは、電子や陽電子の生成、電磁石の稼働、液体ヘリウムの冷却、各種施設の維持などのため、12万キロワットの電力を使用します。これは東北地域における供給能力の1%程度であり、規模の大きい生産工場と同規模となるものであり、I L Cのために新規に発電所を作ることなく対応可能です。また、I L Cは、電力供給が多い夏期は稼働を停止（メンテナンス期間を兼ねる）する予定であり、地域の電力が不足するようなことがないように計画されております。

Q 1 2. I L Cの運用期間が終わったら、I L Cのトンネルが核廃棄物の最終処分場に使われることはないのですか。

- A. 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」では、原子力発電で発生する使用済核燃料に起因する高レベル放射性廃棄物の最終処分は地下300mよりも深い地層に埋設処分（以下、「地層処分」といいます。）することとなっており、地下トンネルと言っても実際には標高110mの高さに設置されるI L Cのトンネルは、地表から50～100m掘り込んだ場所にあり、その深度は比較的浅いこと、施設の形状も埋設に適したものでないことなどから、地層処分に転用されることはあり得ません。また、法律においては、候補地選定の調査に当たり、事前に地元自治体の意見を聞き、十分に尊重しなければならないと規定され、国は、地元自治体が反対の場合には手続きを進めないとしています。これに関して、岩手県や建設候補地の自治体も核廃棄物の最終処分場への転用を認めないと明言しています。

Q 1 3. I L C建設に係る事業負担として、地元負担はあるのですか。

- A. I L Cにおいては、研究所本体の建設や運営費は国際研究所（国）が負担するものとされています。関連施設・道路等の周辺地域の整備については、I L Cやキャンパス等具体的場所が特定されていないことから、地元負担についてはこれからの議論となります。

Q 1 4. I L C計画の経済波及効果はどのくらいになるのですか。

- A. 文部科学省によると、全長20kmのI L Cを建設した場合（加速器建設費5,200～5,800億円、測定器建設費1,000億円）の日本負担額は2,800～3,200億円と試算されています。また、建設10年・運用10年の20年間の最終需要（直接支出）は約7,000～7,600億円で、これに技術開発による経済波及効果（付加ビジネス）が約5,200～5,800億円発生することから、直接効果は約1兆2,200億円～1兆3,400億円と試算されています。これにより生産誘発額（経済波及効果）は、約2兆3,800～2兆6,100億円と見込まれています（出展元：「国際リニアコライダー（I L C）計画に関する経済的波及効果の再計算結果報告書」（平成30年5月、株式会社野村総合研究所〔受託者〕）。さらに、わが国全体には加速器関連技術の発展・利用による産業の波及効果が、I L Cの近傍地域では、I L Cに関連した新産業の創出に加え、住宅・オフィス・商業施設・ホテル等建設による商圏ビジネスの民間投資と研究者等の日常消費と観光・学会支出など多くの効果が見込まれます。

Q 1 5. I L Cの建設スケジュールはどのようになっているのですか。

- A. I L C誘致が決定すると、研究所の受入準備やインフラ整備を行う準備期（誘致決定から概ね4年）を経て、2020年代前半から約10年かけて建設され、2030年代初めに運用が開始される予定です。

Q16. ILCの研究はいつまで行われるのですか。

A. ILCは第一期（全長20kmの加速器）で約20年間（運用期10年・成熟期10年）運転する予定です。これは、昨年11月7日にカナダで開催された科学者間による国際会議「ICFA（国際将来加速器委員会）」において承認されたステージング（ILCのトンネル全長20kmからスタートし、段階的にその規模を拡張する戦略）によるILC新計画の考え方にに基づき、トンネル全長20kmの規模から建設を開始し、物質に質量を与える素粒子「ヒッグス粒子」のメカニズムの解明等に向けた研究を進めていくものであり、一定の研究成果を得た上で、必要に応じ30km、50kmと段階的に規模を拡張していくものです。

研究を進めていく中で、新たな発見や新しい疑問が発生したときは、実験が継続していくことになり、長期に渡り研究所は維持されていくと考えられています。例えば、スイスジュネーブ近郊にあるセルン研究所は、運用開始から約60余年がたった現在でも稼働し、さらにこの先の長期的な実験も計画されています。他にも世界には大きな加速器を持つ素粒子物理学の研究所があり、いずれも数十年以上研究が続けられています。ILCも日本はもちろん、世界の国々から集められたお金で作る施設ですから、長年に渡って大事に使われていくことになります。

Q17. ILC建設により地域としてどのような関わりが必要になりますか。

A. ILCは人類が解明できていない宇宙の謎を突き止める最先端の科学の施設であり、世界が注目するその研究拠点が地元に来ることを広く地域の皆さんと共に理解を深めていくことが大切であると考えます。

ILC誘致により、建設に必要なインフラ等の整備、研究者やその家族の居住をはじめとする生活環境の整備、ILC関連産業への地域参入、将来の人材育成等といった様々な分野で、地域の皆さんと一緒に、その検討や準備を進めることが必要になります。これにより、研究者等の方々が安心して研究を進め、また、生活を送ることができ、世界に誇れる地域になると考えています。

ILC建設候補地エリアである気仙沼においても、ILC主要機材の物流拠点、外国人研究者等の生活環境整備、ILC関連産業の誘致及び創出、地元企業による関連産業や新規分野への参入等といった役割が大いに期待されています。

ILC誘致に向けて各種事業を展開している、地元官民で構成される気仙沼市国際リニアコライダー推進協議会の民間メンバーも「ILCから得られる発見はもちろん、その過程で得られる副産物には「未知の可能性」があり、実際、これまで人の生活を豊かにした偉大な発明は、そのほとんどが何の役に立つかわからないように見える基礎研究での発見や、その過程で得られた副産物の応用である。ILCのような高度な科学技術を必要とするプロジェクトがこの地域で実現されれば、次の世代の方たちは、色々な形で関わっていくことができる。例えば、施設のオペレーターや保守管理、また、国内外から来る大勢の研究者をマーケットにしたサービスの提供等といったように活躍の場は大きく広がる。高度な科学技術を背景に世界中から訪れる素晴らしい研究者たちとの交流の中で、気仙沼は日本のつくばエリアやアメリカのシリコンバレーのように高い教養と文化を持つエリアに発展できる可能性がある」とILC誘致に大きな期待を寄せています。同協議会としても、ILC受入れに係る検討や準備を進めるとともに、引き続き各種啓発等により地域の皆さんと共にILCへの理解を深めていきたいと考えています。

また、ILCが建設されると、世界中から数千人規模の研究者とその家族の方々が、この地域に溶け込んで生活することが考えられます。私たちが地域にあるおいしいものや美しい景色、伝統芸能等を再認識し、その上で世界各国からの様々な文化や歴史、習慣を持った方々を同じ地域の住民として日常的にふれあいながら一緒に暮らしていくことが大切であり、地域の皆さんで温かく迎える気持ちを持っていただければと思います。

